

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Liberec 2010**

**Bc. Petra Mackeová**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: Průmyslový management N3108

Studijní obor: Produktový management 3106T014

## TEPELNĚ IZOLAČNÍ TEXTILIE

## TEXTILE THERMAL INSULATORS

KHT - 040

**Autor:** Bc. Petra Mackeová

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Klára Kalinová, Ph.D

**Konzultant:** prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Ing. Michal Komárek

### **Rozsah práce:**

Počet stran: ..... 69

Počet obrázků:..... 9

Počet tabulek:..... 7

Počet grafů:..... 6

Počet příloh:..... 4

Žádost o posunutí termínu odevzdání.

(vložit originál)

Zadání DP  
(vložit originál)

### **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 17.12. 2010

.....  
Podpis

### **Poděkování**

Touto cestou bych velice ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce Ing. Kláře Kalinové, Ph.D, za odborné vedení, cenné rady, doporučení a připomínky při její tvorbě a zpracování. Veliké poděkování zároveň patří profesoru Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za mnohé konzultace, pádné připomínky, cenné informace, podklady a rady.

## **Anotace**

Tato diplomová práce pojednává o tepelně izolačních vlastnostech textilií. Jelikož se jedná o příliš obsáhlé téma, byla práce cílena pouze na tepelně izolační vlastnosti textilií používaných pro výrobu spacích pytlů.

Práce vznikla ve spolupráci s firmou Elmarco s.r.o. Pro lepší pochopení tématu jsou v teoretické části charakterizovány a vysvětleny základní pojmy.

Cílovým úkolem bylo inovovat stávající materiálovou skladbu o nanovláknennou vrstvu, dále provést technicko-ekonomické kalkulace, experimentální testy a segmentaci trhu. Součástí experimentu bylo oslovení potencionálních zákazníků - partnerů.

Závěr práce hodnotí zda-li je aplikace reálná, měřitelná a zda bude mít své využití na trhu.

## **Klíčová slova**

Teplo

Tepelná izolace

Nanovláknna

Nanospider

Spací pytle

## **Annotation**

This thesis deals with the thermal insulation properties of fabrics.

As this particular topic is very broad, the work was targeted only to the thermal insulation properties of fabrics used for making sleeping bags.

The work was created in cooperation with Elmarco Ltd. For a better understanding of the topic, the theoretical part characterized and explained the basic concepts.

The target task was to upgrade the existing material composition of the nanofiber layer and make the technical-economic calculations, as well as the associated experimental tests and appropriate market segmentation. The experiment was targeted at potential clients - partners. The conclusion assesses whether the program is realistic, measurable, and whether it can be utilised within the marketplace.

## **Keywords**

Heat

Thermal Insulation

Nanofibers

Nanospider

Sleeping bags



## Úvod

Tato diplomová práce, zabývající se tepelně izolačními vlastnostmi textilií, byla zaměřena na jednu cílovou skupinu z celé koncepce možného uplatnění, kterou je výplňový materiál do spacích pytlů. Tyto materiály byly inovovány za pomoci nanovláknenné vrstvy, která je vložena uvnitř systému spacího pytle a jištěna jeho švy.

Nejprve se zabývá přiblížením problematiky tepelného komfortu v souvislosti se spacími pytli a jeho vlivy na člověka. Dále popisuje teorii nanovláken a základní informace o spacích pytlích. Následuje patentová rešerše substitučních produktů.

V experimentální části provedené ve spolupráci s firmou Elmarco s.r.o. bylo v laboratořích Technické university v Liberci na katedře Hodnocení textilií uskutečněno několikanásobné měření vzorků o různých plošných hmotnostech za přidání již užívaných vrchových materiálů a dále nanovláknenné vrstvy.

Cílem této práce bylo porovnání statistických výsledků jednotlivých měření a posouzení zda-li je inovace reálná, měřitelná a zda by měla uplatnění na dnešním trhu.

Dále bylo uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení, celková výrobnost a vhodnost pro následné operace.

V neposlední řadě tato diplomová práce segmentuje trh s outdoorovým vybavením v zahraničí i v tuzemsku a oslovuje české výrobce spacích pytlů ke spolupráci v provedení experimentálního měření.

## **Obsah**

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	10
Úvod .....	11
<b>1. Teoretická část.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Spací pytle a jejich komfort.....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Psychologický komfort.....	13
1.1.2 Senzorický komfort.....	13
1.1.3 Termofyziologický komfort.....	14
1.1.4 Patofyzický komfort .....	14
<b>2. Teplo.....</b>	<b>15</b>
2.1 Fyzikální podstata a definice tepla.....	15
2.2 Termoregulace lidského organismu.....	15
2.3 Šíření tepla.....	18
2.3.1 Vedení – kondukce tepla.....	18
2.3.1.1 Přenos tepla kondukcí v lidském organismu.....	18
2.3.2 Proudění – konvekce tepla.....	19
2.3.2.1 Přenos tepla konvekci v lidském organismu.....	20
2.3.3 Tepelné záření – radiace.....	22
<b>3. Výroba a vlastnosti nanovláken.....</b>	<b>22</b>
3.1 Technologie přípravy nanovláken – Elektrostatické zvlákňování.....	23
3.2 Technologie přípravy nanovláken – Nanospider <sup>TM</sup> .....	24
3.3 Aplikace využívající nanovlákn.....	25
<b>4. Základní informace o spacích pytlích.....</b>	<b>26</b>
4.1 Teplotní určení.....	26
4.1.1 Výťah z evropské normy EN 13537 z r.2002.....	26
4.2 Druhy výplní spacích pytlů.....	27
4.2.1 Peří.....	27
4.2.2 Syntetické náplně.....	28
4.2.3 Vnější a vnitřní tkanina.....	30
<b>5. Patentová řešerše.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Segmentace trhu.....</b>	<b>33</b>
6.1 Nejvýznamnější společnosti vyrábějící outdoorové spací pytle.....	34
<b>7. Inovace materiálového složení.....</b>	<b>37</b>
<b>8. Experiment.....</b>	<b>38</b>
8.1 Určení materiálového složení vzorků.....	39
8.1.1 Diferenční a termická analýza a diferenční scanovací kalorimetrie.....	39

8.1.1.1 Definice metod termické analýzy.....	39
8.1.1.2 Základní princip metod termické analýzy.....	40
8.1.1.3 Teoretické základy metody DSC.....	41
8.2 Charakteristika měřených vzorků.....	44
8.2.1 Výplňový materiál.....	44
8.2.2 Vrchový materiál.....	45
8.3 Měření tepelného komfortu – objektivní hodnocení.....	46
8.3.1 Permetest.....	46
8.3.2 Stanovení parametrů termofyziolog. komfortu pomocí Permetestu.....	47
8.3.2.1 Zkouška provedená za stacionárních podmínek.....	47
8.4 Diskuze výsledků.....	53
<b>9. Technické a výrobní zhodnocení.....</b>	<b>54</b>
9.1 Technické posouzení.....	55
9.2 Celková výrobnost.....	55
9.3 Omezení z pohledu kombinace s ostatními textilními technologiemi.....	58
9.4 Vhodnost pro následné operace....	58
<b>10. Ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>59</b>
10.1 Polymer pro výrobu nanovláknenné vrstvy.....	59
10.2 Kalkulace nákladové ceny nanovláknenné vrstvy.....	60
<b>11. Závěr.....</b>	<b>64</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>65</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>66</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>67</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK V TEXTU

např.	- například
tj.	- to je
tzn.	- to znamená
apod.	- a podobně
°C	- stupně celsia
b	- tepelná jímavost [ $W \cdot m^{-2} \cdot s^{1/2} \cdot K^{-1}$ ]
R	- tepelný odpor [ $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$ ] $\cdot 10^{-3}$
R <sub>TOT</sub>	- celkový tepelný odpor [ $W^{-1} \cdot K \cdot m^2$ ] $\cdot 10^{-3}$
$\lambda$	- měrná tepelná vodivost [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ] $\cdot 10^{-3}$
PL	- polyester
g/m <sup>2</sup>	- plošná hmotnost
PVA	- Polyvinylalkohol
$\alpha_p$	- koeficient přestupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]
S	- plocha
$\vartheta_K$	- teplota pokožky [°C]
$\vartheta_1$	- teplota vnitřní strany textilie [°C]
$\vartheta_2$	- teplota vnější strany textilie [°C]
$\vartheta_0$	- teplota okolí [°C]
$v_k$	- teplota pokožky [°C]
$v_1$	- teplota povrchu pokožky [°C]
$h_M$	- tloušťka mezivrstvy
$v_2$	- teplota povrchu textilní vrstvy [°C]
$v_0$	- teplota okolí [°C]
$\Delta v_M$	- změna teploty [°C]
h -	tloušťka textilní vrstvy

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

Tato kapitola vysvětluje základní pojmy důležité pro uvedení problematiky této práce.

Veškeré informace jsou zde proto vysvětleny stručnějši formou.

## 1.1 SPACÍ PYTLE A JEJICH KOMFORT

Primární rolí oděvu je chránit tělo před nestálostmi okolních vlivů. Stejně parametry by však měl splňovat i spací pytel, jakožto další vrstva oděvu pro velké množství populace, které se zalíbila jakákoliv varianta turistiky. Spací pytel nám v otevřené přírodě simuluje obydlí, střechu nad hlavou a proto by jeho vlastnosti měly být co nejefektivnější a nejlepší.

Lidské tělo je považováno za otevřený systém, který je vždy ve stavu fyzické, chemické nebo biologické interakce s okolím. Spací pytel je ochranný systém, ve kterém dochází k prostupu tepla a vlhkosti zvenčí směrem k tělu a naopak. Prostup tepla a vlhkosti jednotlivými vrstvami, závisí na konstrukci, střihu, použitém materiálu a ostatních parametrech. Spací pytel člověku pomáhá k optimální termoregulaci organismu. A to zejména v případech, kdy tělo samo není schopno této aktivity, jako je například ve spánku. Spánek je přirozený a přitom nejúčinnější regenerační prostředek pro lidský organismus. Aby byl kvalitní, nesmí při něm naše tělo bojovat se zimou, ale ani se přehřívat. V horku je snadnou pomocí odložení oblečení či rozepnutí spacáku. Před zimou nás ale ochrání jen opravdu dokonalá izolační vrstva, a tu každý spacák nemá. [1]

Existuje vědní obor Filozofie odívání, který můžeme plnohodnotně využít i pro posouzení komfortních parametrů spacích pytlů.

Tento vědní obor se zabývá biologickými a fyzikálními vlivy na lidský organismus, na jeho zdraví a výkonnost. Hlavní náplní je pozorování a vyhodnocování vztahů mezi prostředím, textilní ochrannou vrstvou a organismem.

Charakterizace tepelného komfortu je možná jako souhrn všech vjemů při aktivním využití textilní ochranné vrstvy – spacího pytle.

Vymezujícími hodnotami jsou:

- Fyzikální parametry
- Abstraktní představy

Spací pytel vybíráme v první řadě podle fyzikálních parametrů - teplotního určení. Teplotní údaje, které bývají na spacáku vyznačeny, vypovídají o jeho izolačních vlastnostech. Dříve bylo standardní uvádět tři údaje - horní extrémní teplota nebo také horní hranice tepelného komfortu, dále dolní hranice tepelného komfortu a extrémní teplota.

Evropská norma EN 13537 (viz.str. 26) z roku 2002, sjednocuje požadavky na tepelně izolační vlastnosti spacích pytlů.

Stanoví dvě komfortní teploty a přináší některá další upřesnění. Především tato norma změnila pohled na filozofii teplotního určení. Zatímco starší normy braly jako standard člověka spíše trénovaného sportovce, je nová norma zaměřena na běžného uživatele.

Určujeme následující teploty:

**Horní extrémní teplota** - je informací o tom, kdy nám v zapnutém spacáku začne být nepříjemné teplo.

**Hranice tepelného komfortu** - je nejzajímavější hodnotou

- určuje do jakých nejnižších teplot je spacák použitelný a vhodný

Dle nové normy EN 13537 jsou pro hranici tepelného komfortu uváděny údaje dva:

- **komfortní** teplota  $T_{\text{comf}}$  (pro standardní ženu 60 kg)
- **limitní** teplota  $T_{\text{lim}}$  (pro standardního muže 70 kg).

Klesne-li teplota pod příslušnou hodnotu, začneme se ve spacáku budit zimou.

**Extrémní teplota** je spíše spekulace o tom, do jaké teploty v minusových hodnotách bychom ve spacáku přežili bez omrzlin nebo přežili vůbec.

Tepelný komfort je možno definovat jako stav organismu, kdy jsou fyzikální funkce organismu v optimu a kdy okolí člověka včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody.

Komfort je vnímán lidskými smysly, vyjma chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich.

Při diskomfortu je možné pociťovat nepříjemné vjemy jako pocity nadměrného tepla či chladu.

*„Komfort lze jednoduše definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů.“ [ 1]*

Komfort dělíme na : psychologický  
senzorický  
termofyziologický  
patofyzický

### 1.1.1 Psychologický komfort

Psychologický komfort dělíme dle **různých hledisek**:

- Klimatická hlediska: typické denní oblečení by mělo v první řadě respektovat tepelně-klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky. Oděv vhodný pro dané podmínky se stává normou.
- Ekonomická hlediska: zahrnují přírodní podmínky obživy, politický systém, úroveň technologie, apod.
- Historická hlediska: vzniká tradice v životním stylu
- Kulturní hlediska: patří sem zvyky, tradice, náboženství, apod.
- Sociální hlediska: věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, apod.
- Skupinová a individuální hlediska: zahrnují módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy, apod. [ 1]

### 1.1.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Senzorický komfort rozdělujeme na *komfort nošení* a na *omak*.

**Komfort nošení:** do této části zahrnujeme povrchovou strukturu použitých textilií, vybrané mechanické vlastnosti ovlivňující rozložení sil a tlaků v oděvním systému, schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti.

**Omak:** veličina založená na vjemech prostřednictvím prstů a dlaně. Omak charakterizujeme: hladkostí, tuhostí, objemností, tepelně - kontaktním vjemem a ozažností. [ 1]

### 1.1.3 Termofyziologický komfort

Vyjadřuje stav tepelné pohody. Je to stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, psychologické a fyzikální harmonie.

#### Termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- relativní vlhkost vzduchu 50 + 10 %
- nepřítomnost vody na pokožce
- teplota pokožky 33 - 35 °C
- rychlost proudění vzduchu 25 + 10 cm. S-1
- obsah CO<sub>2</sub> 0,07%

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem lze hodnotit buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla.

Druhý postup v posledních letech převažuje, neboť umožňuje hodnotit termofyziologický komfort věrněji než metody první skupiny.

Termofyziologický komfort oděvů respektive textilií je zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu, jestliže použijeme způsob měření založený na tzv. „skin modelu“. Místo parametru paropropustnost můžeme zde použít parametr výparný odpor, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. [ 1]

### **1.1.4 Patofyzický komfort**

Pocit komfortu při nošení oděvních textilií je ovlivněn také působením patofyziologicko-toxických vlivů. Jedná se o působení chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Působení patofyziologických vlivů je závislé na odolnosti člověka (lidské pokožky) proti účinkům chemických látek obsažených v textiliích a na podmínkách růstu kultur mikroorganismů vyskytujících se v mikroklimatu omezeném povrchem lidského těla a textilií. [ 1]

## **2. Teplo**

Je část vnitřní energie, kterou systém přijme nebo odevzdá při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce. Mluvíme o tepelné výměně.

O práci mluvíme, když způsobenou změnu energie můžeme vyjádřit jako součin veličin, obvykle síly a posunutí, či tlaku a změny objemu, nebo konečně jako součin



napětí, proudu a času. O teplo jde tehdy, když se změna energie jako součin jiných měřitelných veličin vyjádřit nedá. [ 2]

Teplo je fyzikální veličinou popisující změnu termodynamického stavu systému, nikoli stav samotný.

## 2.1 Fyzikální podstata a definice tepla

Podle kinetické teorie se při tepelné výměně předává energie neuspořádaného pohybu částic, z nichž se skládá jak systém teplo odevzdávající, tak systém teplo přijímající. Zejména u látek v kondenzovaném stavu je nutno uvažovat vedle kinetické energie částic i energii jejich vzájemných interakcí a vazeb. Tepelná výměna nemusí být spojena se změnou teploty - hovoříme pak o latentním teple. [ 2]

Tepelná výměna přímo nesouvisí s předáváním částic mezi systémy, změnou jejich chemické podstaty, ani změnami pohybového stavu systémů či "vnější" potenciální energie systémů. Změny tepla mohou být sice formálně ekvivalentní určité mechanické práci nebo kinetické energii částic (vibrační, translační, rotační), atp., nejsou však s nimi identické a fyzikálně se od nich fundamentálně liší. Tento rozdíl se zvláště názorně projevuje ve spektroskopii. [ 2]

Definice tepla však nevylučuje tepelné děje při současném konání práce.

Přeměnu mechanické práce na teplo a naopak vysvětluje kinetická teorie jako přeměnu kinetické energie uspořádaného pohybu na kinetickou energii neuspořádaného pohybu částic a naopak. Fyzikálně se fundamentální rozdíl mezi "neuspořádaným" a "uspořádaným" pohybem částic projevuje např. ve spektroskopii. Zatímco tepelnému pohybu odpovídá šum, charakterizovaný určitou (širokospektrální) distribuční funkcí, mechanickému pohybu (např. vibračnímu) odpovídají určité ostré spektrální čáry.

Podle překonané fluidové teorie tepla byla podstatou tepla substance - fluidum a teplo bylo množství tohoto fluida v látce. Tato představa umožňovala velmi zjednodušeně pochopit i tepelné stroje: práce se konala tím, když tepelné fluidum přecházelo z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou, podobně jako voda v řece může konat práci tím, že přechází z vyšší polohy do nižší. Pokud dochází v systému

k výměnám či přeměnám mezi teplem a prací, vyžaduje však fluidová teorie zásadní zobecnění, které popisuje první zákon termodynamiky. Řečeno současnou terminologií, teplo obecně nelze pokládat za stavovou veličinu, nýbrž představuje dějovou veličinu v závislosti na trajektorii. Po tomto zobecnění je fluidová teorie cenná i dnes svou názorností. Názorně vystihuje zejména přenos tepla a objasňuje přirozenou roli Laplaceovy rovnice a Poissonovy rovnice v těchto dějích, v analogii s teorií tekutin. [ 2]

Zdůrazněme, že o teple i práci má smysl mluvit zejména v souvislosti se změnami těchto veličin, a zpravidla nikoli při popisu stavu.

Z tohoto důvodu je fyzikálně přesnější (i když méně názornou) následující formulace výše uvedené definice:

*Teplo je míra změny vnitřní energie systému při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce.*

Je třeba rozlišovat dvě různé veličiny: teplo, které popisuje změnu stavu tělesa, a teplota, která popisuje stav tělesa. [ 2]

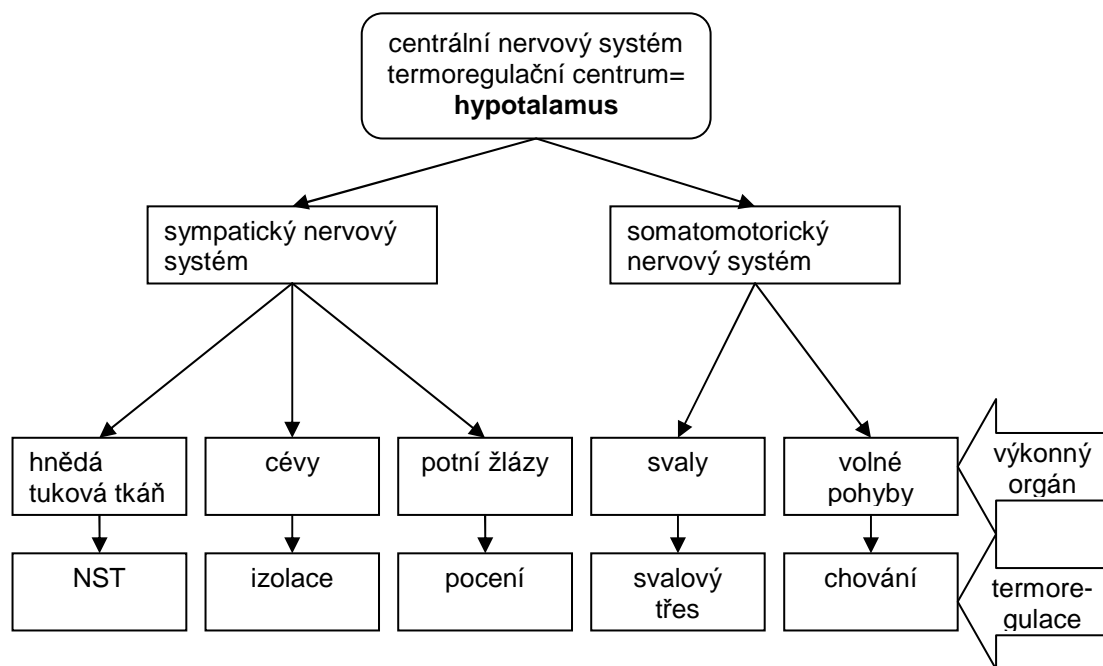
## **2.2 Termoregulace lidského organismu**

Termoregulací nazýváme schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, přestože produkce tepla, jeho příjem i ztráty, nepřetržitě kolísají. Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen

na udržení stálosti vnitřního prostředí na principu rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí.

Člověk si různými termoregulačními mechanismy udržuje stálou teplotu vnitřního prostředí, kolísající v rozmezí  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  okolo průměrné hodnoty  $36 - 37^{\circ}\text{C}$ .

Kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy.



Obr 1. Termoregulační systém lidského těla

[ 1]

Termoregulace je proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, udržujícím tělesnou teplotu na optimální hodnotě, při které probíhají metabolické změny. Na tomto základě existují termoregulace dvojího druhu:

- Chemické - tvorba tepla
- Fyzikální - výdej tepla

**Chemická** termoregulace představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí a tedy i tvorbu tepla. Je zároveň závislá na fyzické zátěži organismu, na jeho činnosti. Největší množství produkovaného tepla je při namáhavé činnosti organismu.

**Fyzikální** termoregulace zahrnuje podíl jednotlivých odvodů tepla z organismu, tedy tvorbu a výdej tepla.

Toto se děje těmito možnými způsoby:

- 1 – Kondukcí – vedením tepla
- 2 – Konvekcí – prouděním tepla
- 3 – Radiací – zářením
- 4 – Evaporací – odpařováním potu
- 5 – Respirací

## 2.3 Šíření tepla

Šíření tepelné energie z jednoho místa na druhé může probíhat **vedením**, **prouděním** nebo **radiací**. [ 2]

### 2.3.1 Vedení - kondukce tepla

Je první ze způsobů šíření tepla v tělesech, při kterém částice látky v oblasti s vyšší střední kinetickou energií předávají část své pohybové energie prostřednictvím vzájemných srážek částicím v oblasti s nižší střední kinetickou energií.

Částice se přitom nepřemísťují, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh.

Vedení tepla je nejčastější způsob šíření tepla v pevných tělesech, jejichž různé části mají různé teploty.

Rychlost vedení tepla určuje tzv. tepelnou vodivost. Porovnat látky podle jejich tepelné vodivosti umožňuje veličina součinitel tepelné vodivosti. Podle tohoto součinitele se látky dělí na tepelné vodiče - látky s vysokou rychlostí vedení tepla a velkým součinitelem tepelné vodivosti a na tepelné izolanty - látky s nízkou rychlostí vedení tepla a malým součinitelem tepelné vodivosti. [ 2]

Vedení tepla lze rozdělit na ustálené - stacionární vedení tepla - teplotní rozdíl mezi jednotlivými částmi tělesa se v čase nemění.

A na neustálené - nestacionární vedení tepla - teplotní rozdíly mezi jednotlivými částmi tělesa mezi kterými se teplo přenáší se postupně vyrovnávají.

#### 2.3.1.1 Přenos tepla kondukcí v lidském organismu

Tímto způsobem ztrácíme poměrně malé množství tepla (až 5%).

Kondukcí se teplo odvádí v podobě kinetické energie, kterou předávají molekuly těla okolí, s nímž jsou v kontaktu např. podložce - chodidly, židli/posteli - zadní částí těla při sezení či spaní a samozřejmě vzduchu, který tělo obklopuje. Vzduch vede teplo poměrně málo. Z toho důvodu, pokud neproudí, je možno vyrovnat teplotu těla s teplotou vzduchu v bezprostředním okolí a ztráty vedením do vzduchu se minimalizují, až zastaví. Jiná situace je ve studeném vlhkém vzduchu nebo ve studené vodě, neboť voda je výborným vodičem tepla. Vedení tepla je také hlavním mechanismem přenosu tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech. [ 1]

### **2.3.2 Proudění – konvekce tepla**

Jedná se o druhý ze způsobů šíření tepla, kdy dochází k proudění hmoty o různé teplotě. Tepelné proudění se uplatňuje pouze u kapalin a plynů. Pohybem hmoty dochází k promíchávání jednotlivých částí, které mají odlišnou teplotu, a tím se přenáší teplo mezi různými částmi hmotného útvaru. Jestliže těleso pohlcuje tepelné záření, jeho teplota se zvyšuje. Zvýšení teploty tělesa závisí na teplotě a vzdálenosti zdroje záření od tělesa, na barvě a úpravě povrchu tělesa.

Ve srovnání s vedením tepla může být proudění tepla rychlejší.

Proudění je obvykle spojeno se změnou některé vlastnosti látky v závislosti na teplotě.

[ 2]

### 2.3.2.1 Přenos tepla konvekcí v lidském organismu

Konvekce představuje nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Teplo je transportováno částicemi tekutin pohybujícími se rychlostí  $v$  [m/s]. Mezi objektem a proudícím prostředím se vytváří tzv. tepelné mezní vrstva o tloušťce  $\delta$ , ve které se realizuje teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší při tzv. laminárním proudění tekutiny a klesá v případě proudění turbulentního, kdy trajektorie drah jednotlivých částic nezachovávají svůj původní směr a vzájemně se mísí.

Turbulentní proudění tekutiny nastává v případě,

kdy tzv. Reynoldsovo číslo **Re** převyšuje 2300. Toto je definované vztahem: [ 1]

$$Re = vd / \nu$$

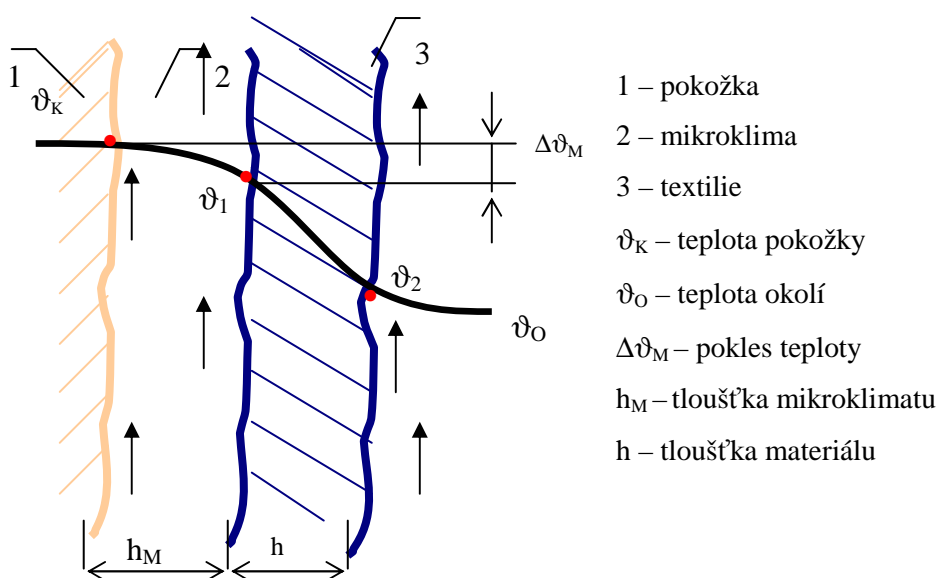
kde **d** značí charakteristický rozměr objektu [m]

a  **$\nu$**  znamená dynamickou viskozitu tekutiny [m<sup>2</sup>/s].

Při turbulentním proudění je přenos tepla intenzivnější než při proudění laminárním. Proudění lze pak ještě rozdělit na proudění přirozené a nucené. Nucená konvekce je blíže vysvětlena v Experimentální části této práce.

Tepelný tok **q** přenášený jakýmkoli druhem proudění vyjadřuje Newtonův zákon:

$$q = \alpha_c (t_1 - t_2) \quad [ 1]$$



Obr. 1 - Přestup tepla prouděním

Koeficient přestupu tepla  $\alpha_c$  [W/m<sup>2</sup>K] je relativně nízký pro přirozené proudění a vzrůstá pro vynucené proudění. Pro podmínky typické pro užití oděvu, koeficient přestupu tepla může být spočítán následujícími přibližnými vztahy:

$$\begin{aligned}\alpha &= 2,38 (t_{sk} - t_a)^{0,25} && \text{pro volnou konvekci (volné proudění)} \\ \alpha &= 3,5 + 5,2 v && \text{pro nucenou konvekci s rychlostí 0-1 m/s} \\ \alpha &= 8,7 v^{0,6} && \text{při vyšších rychlostech proudění}\end{aligned}$$

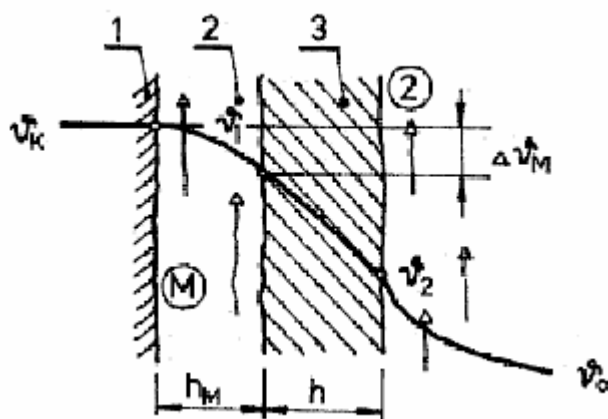
[ 1]

Teplotní spád na tepelné mezní vrstvě při přestupu tepla prouděním je důsledkem tzv. vnějšího tepelného odporu  $R_{\text{mezní vrstvy}} = R_E$ , který musí být zahrnut do celkového tepelného odporu  $R_{TOT}$ .  $R_E$  lze stanovit ze vztahu

$$R_E = 1 / \alpha \quad [ 1]$$

V oděvních systémech se část tepla se přenáší i zářením, což lze zahrnout lineárním koeficientem přestupu tepla zářením  $\alpha_c$ .

Konvekce představuje nejvýznamnější přenos tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Mezi pokožkou a první oděvním vrstvou se nachází vzduchová mezivrstva (mikroklima - M), ve které dochází k proudění díky pohybu organismu v prostředí. Transport tepla je tedy závislý na proudění vzduchu, dále na odhalení těla a rychlosti větru, ve kterém tepelné ztráty narůstají.



- 1... Pokožka
- 2... Mezivrstva - mikroklima
- 3... Textilní vrstva
- $v_k$ ...teplota pokožky [°C]
- $v_1$ ...teplota povrchu pokožky [°C]
- $h_M$ ...tloušťka mezivrstvy
- $v_2$ ...teplota povrchu textilní vrstvy [°C]
- $v_0$ ...teplota okolí [°C]
- $\Delta v_M$ ...změna teploty [°C]
- $h$ ...tloušťka textilní vrstvy

Obr. 2 - Přenos tepla konvekcí

Hodnota odvedeného tepla tímto způsobem je dána výrazem:

[ 3]

$$Q_p = \alpha_p * S * [(\vartheta_K - \vartheta_1) + (\vartheta_2 - \vartheta_0)] \dots J * s^{-1} [ \quad ]$$

$\alpha_p$  ... koeficient přestupu tepla [Wm<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>]

S.... plocha

$\vartheta_K$ ... teplota pokožky [°C]

$\vartheta_1$ ... teplota vnitřní strany textilie [°C]

$\vartheta_2$ ... teplota vnější strany textilie [°C]

$\vartheta_0$ ... teplota okolí [°C]

[ 3]

### 2.3.3 Záření – radiace tepla

Třetí ze způsobů šíření tepla, při kterém každé těleso s teplotou vyšší než okolí vyzařuje teplo a každé těleso s teplotou nižší než okolí pohlcuje teplo. Tepelná energie je přenášena ve formě elektromagnetického záření. V souvislosti s tepelným zářením se také hovoří o sálání.

Na rozdíl od přenosu tepla vedením nebo prouděním se může prostřednictvím záření teplo přenášet i ve vakuu, tzn. bez zprostředkování přenosu látkovým prostředím.

Ba naopak se tímto způsobem šíří nejlépe.

Množství vyzařovaného a přijímaného tepla závisí na rozdílu teplot tělesa a okolí. [ 2]

## 3. Výroba a vlastnosti nanovláken

Nanovlákná jsou vlákna submikronových rozměrů, jejichž průměr je 50-500 nanometrů. Často jde o rozměr tloušťky několika atomů. Pod běžnými mikroskopy nejsou nanovlákná viditelná, neboť jejich průměr je menší než vlnová délka světla. Příklad zobrazení nanovláken viz níže na obr. 12. Takto výjimečně malá vlákna lze vidět a fotografovat pouze pod elektronovým mikroskopem. Pro představu: poměr velikosti průměru nanovlákná a fotbalového míče je srovnatelný s poměrem velikosti fotbalového míče a zeměkoule. [ 2]

Vlastnosti:

- velký měrný povrch
- vysoká poróznost
- malá velikost pórů
- průměr vláken (do 1000) nm



Materiál:

- polymerní roztoky nebo taveniny
- více než 50 polymerů

### 3.1 Technologie přípravy nanovláken - elektrostatické zvlákňování

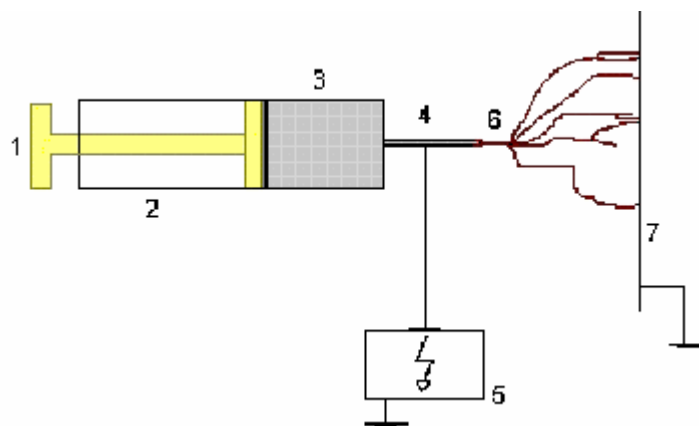
Elektrostatické zvlákňování je proces využívající elektrostatických sil k utváření jemných vláken z polymerního roztoku nebo polymerní taveniny.

Zvlákňování se provádí několika způsoby

- Zvlákňování z trysky (Needle electrospinning)
- Zvlákňování z volného povrchu - z jehly („tyčky“).
- Zvlákňování z volného povrchu - z povrchu válce (Nanospider).

Kontinuální výroba nanovláknenných vrstev elektrostatickým zvlákňováním.

V procesu elektrostatického zvlákňování je využito vysoké napětí k vytvoření elektricky nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny. Elektroda vysokého napětí je spojena s jehlou a tím i s polymerním roztokem (viz obr.9). Roztok je následně zvlákněn kapilárou (zvlákňovací tryskou). Díky vysokému elektrickému napětí mezi špičkou kapiláry a uzemněným kolektorem vzniká tzv. Taylorův kužel na špičce kapiláry, z kterého jsou produkována submikronová vlákna. Vlákna ztuhnou po odpaření rozpouštědla a vytvoří vláknennou vrstvu na povrchu kolektoru. [ 4]



Obr. 3 Schematické zobrazení zvlákňování z trysky. Zdroj: Vlastní  
Legenda: 1 – dávkovač roztoku, 2 - aplikátor, 3 - roztok polymeru, 4 - kovová jehla, 5 - zdroj vysokého napětí, 6 - tryska, 7 - uzemněný kolektor

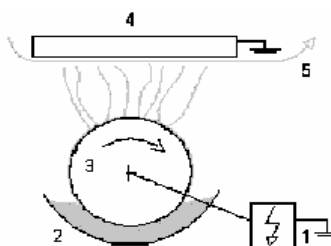
### 3.2 Technologie přípravy nanovláken - Nanospider<sup>TM</sup>

Technologii, založenou na elektrospinningu, vynalezl v roce 2003 tým profesora Oldřicha Jirsáka na Katedře netkaných textilií TUL. Průmyslová a laboratorní zařízení, která jsou založena na technologii Nanospider<sup>TM</sup>, nabízí od roku 2005 liberecká firma Elmarco a jsou níže zobrazeny na obr. 3 a 4.

#### Výhody Nanospideru<sup>TM</sup>:

- Žádné kapiláry a trysky
- Plošná hmotnost:  $0.05 - 5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$
- Produkce:  $1 - 5 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  pracovní šíře
- Materiál: vodorozpustné síťované polymery
- Průměr vláken: 100 - 300 nanometrů

Na rozdíl od výše uvedených metod nepoužívá Nanospider<sup>TM</sup>, který je zobrazen na obr. 2.2 a 2.3 níže, žádné trysky ani jehly („tyčky“) pro tvorbu vláken. Jednou z možností je válec částečně ponořený v roztoku polymeru. Válec se otáčí kolem své osy a přitom se na jeho povrchu vytváří tenký film roztoku polymeru. V horní úvratí rotačního pohybu válce, což je současně místo s nejnižší vzdáleností od kolektoru - protielektrody, se v důsledku maximální intenzity elektrického pole začnou vytvářet mnohačetná ohniska Taylorových kuželů, která následně vyústí v proces zvlákňování. Taylorovy kužele a následně proudy hmoty jsou vytvářeny v husté síti pokrývající horní část válce. Tím je dosaženo vysoké výrobní kapacity zvlákňování hlavy Nanospideru<sup>TM</sup>. Proudly roztoku polymeru jsou poté zbaveny rozpouštědla a stávají se pevnými nanovlákný těsně před tím, než dosáhnou kolektoru. [ 4]

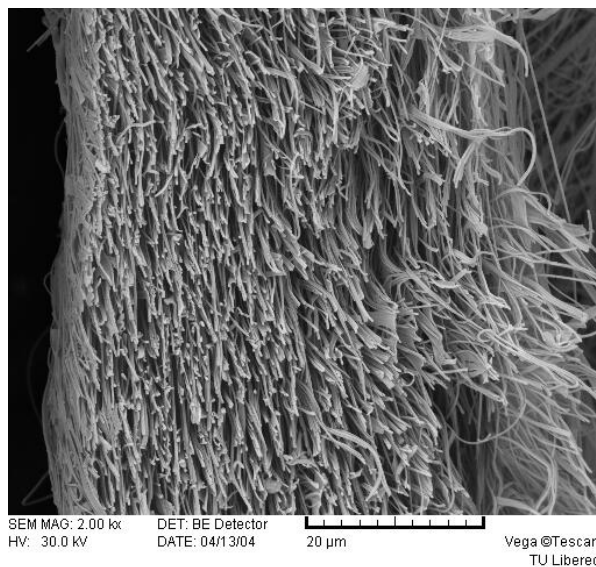


Obr. 4 Nanospider<sup>TM</sup> a jeho schematické znázornění. Zdroj: Vlastní.

Legenda: 1 - zdroj vysokého napětí, 2 - roztok polymeru, 3 - rotující elektroda, 4 - uzemněný kolektor, 5 - směr průchodu materiálu

### 3.3 Aplikace využívající nanovlákná

- Kompozity
- Filtrace
- Separační membrány
- Kosmetika
- Biomedicína
  - umělé orgány
  - tkáňové inženýrství
  - krevní cévy
  - doručení léčiv
  - obvazoviny
  - roušky
- Ochranné oděvy a jiné textilní výrobky
- Solární plachty, světelné plachty a zrcadla pro použití ve vesmíru
- Aplikace pesticidů na rostliny
- Nanovodiče, nanoelektrické aplikace jako polem řízené tranzistory
- Ultra-malé antény
- Nosiče chemických katalyzátorů
- Vodíkové nádrže pro palivové články [ 4]



*Obr. 5 Řez nanovláknennou vrstvou*  
Zdroj: [www.ft.tul.cz](http://www.ft.tul.cz)

## 4. Základní informace o spacích pytlích

### 4.1 Teplotní určení

Spacák vybíráme podle teplotního určení. Tyto údaje uvedené na výrobku vypovídají o jeho izolačních vlastnostech.

Podle stanov evropské normy čtyři teploty - horní extrém

- komfortní teplota

- limitní teplota

- extrém

#### 4.1.1 Výťah z Evropské normy EN 13537 z roku 2002

Tato evropská norma specifikuje definice a všeobecné požadavky a také ustanovení k označování a informace poskytované výrobcem spacáků používaných v oblasti sportu a aktivitách pro volný čas. Platí pro spacáky určené pro dospělé osoby.

**Horní extrém** je asi nejméně zajímavý a říká, při jaké teplotě nám v zapnutém spacáku začne být nepříjemné teplo.

**Komfortní teplota** vypovídá o tom, do jakých nejnižších teplot je spací pytel použitelný.

Podle nové evropské normy - **komfortní teplota**  $T_{\text{comf}}$  (pro standardní ženu 60 kg)

- **limitní teplota**  $T_{\text{lim}}$  (pro standardního muže 70 kg)

Dříve se udávaly jen údaje horní extrém, komfort (ten zhruba odpovídal limitní teplotě) a extrémní teplota. Klesne-li teplota pod hranici tepelného komfortu, rozhodně se moc dobře nevyspíme. Teplota označovaná jako **extrém** je spíše spekulace o tom, do jaké zimy bychom

ve spacáku přežili bez omrzlin nebo přežili vůbec. Většího orientačního významu nemá a také málokdo si kupuje spacák za tím účelem, aby v něm pouze přežíval.

**Norma rozlišuje čtyři různé teploty:**

**$T_{\text{max}}$  - horní extrémní teplota -**

muž, teplota pokožky 35 °C. Při vyšší teplotě je již nepříjemné horko.

**$T_{\text{comf}}$  - horní hranice tepelného komfortu -**

žena, teplota pokožky 32,8 °C. Při nižší teplotě již nastává pocit chladu.

**$T_{\text{lim}}$  - dolní hranice tepelného komfortu -**

muž, teplota kůže 32,9 °C. Při nižší teplotě již nastává pocit chladu.

### **T<sub>ext</sub> - dolní extrémní teplota -**

žena, oblečena jako při pobytu venku (pěrová bunda, oteplováky), teplota pokožky 29 °C. Při nižší teplotě nastává nebezpečí podchlazení organismu.

Udávané teploty teplotního určení prezentují určité hodnoty tepelné izolace.

Jsou objektivně měřitelné. Teplotu pro uživatele však definují pouze orientačně.

Stejný spací pytel bude totiž

v závislosti na hmotnosti, výšce, věku a pohlaví pro různé uživatele použitelný do různých teplot. Navíc je vnímání chladu a míra otužilosti věcí zvyku, psychiky a momentální dispozice - únava, zdravotní stav, atd.

Roli hrají i vlivy nadmořské výšky, vlhkosti vzduchu, jeho proudění a také, jak je výrobek starý a kolikátý den je v permanentním používání. [ 5]

## **4.2 Druhy výplní a povrchových materiálů u spacích pytlů**

- Peří
- Syntetické materiály - Dutá vlákna
  - Mikrovlákna

### **4.2.1 Peří**

Peří je osvědčený přírodní materiál s výbornou stlačitelností a velmi dobrou tvarovou stálostí. Nejčastěji se používá peří husí.

Tepelně izolační schopnost peří závisí na poměru prachového peří a malých pírek.

To je podíl 90/10, 80/20 atd.

V prvním případě jde např. o směs s 90% prachového peří a 10% peří jemného neboli malých pírek. Dalším důležitým kvalitativním údajem je tzv. plnivost.

Ta vyjadřuje celkovou pružnost a rozpínavost, tedy schopnost peří zaujmout určitý objem. Tato veličina se měří laboratorně mezinárodně uznávanou metodou a udává se v kubických palcích (cuin).

Čisté prachové peří (100/0) dosahuje hodnoty 950 až 1000 cuin, směs 90/10 asi 650 cuin a 70/30 asi 500 cuin.

Rozhodně nelze říci, že by peří bylo překonaným materiálem. [ 5]

### 4.2.2 Syntetické náplně

Výhoda syntetických materiálů je nenáročnost na údržbu a minimální absorpce vlhkosti. Spacák s izolační náplní ze syntetických materiálů je tedy ideální pro univerzální použití od jara do podzimu.

Pro všechny syntetické náplně se nesprávně vžilo označení dutá vlákna.

Kvalitní dutá vlákna mají délku několik desítek cm a v řezu jednu či více dutinek přibližně kruhového průřezu. Jinou variantou, jak dostat do rouna více vzduchu jsou spirálová nebo profilovaná vlákna.

Vlákna se za pomoci tepla zpracovávají do izolačního rouna. Molekuly vzduchu jsou v něm nejen mezi vlákny jako u vláken klasických, ale i uvnitř vláken a rouno tedy při stejné hmotnosti izoluje lépe. [ 5]

Nejznámějším koncernem a výrobcem dutých vláken je: DuPont

Hollofil 608

Hollofil II

Quallofil

Thermolite

Thermolite Aktive

Thermolite Plus

Thermolite Extra.

Dalším výplňovým materiálem jsou mikrovlákna.

Jejich průměr je řádově asi desetkrát menší než u dutých vláken.

Teorie jejich funkce: molekuly vzduchu, který zadrží mikroskopická struktura rouna, ulpívají na povrchu, vlákna pak neleží na sobě, ale na molekulách vzduchu.

Rouno má obsahovat při stejné hmotnosti a objemu podstatně více vzduchu a izolovat tak lépe než nejlepší dutá vlákna.

Výraznou předností spacáků s tímto izolačním materiálem má být tedy velmi nízká hmotnost a malý objem. Nevýhodou je však velmi malá odolnost velmi jemných mikrovláken na mechanické namáhání.

Nejznámější značkou mikrovláken je - Thinsulate což je obchodní název produktu nadnárodního koncernu 3M.

Jiné kvalitou srovnatelné je Thermolite Micro od společnosti DuPont.

Novinkou na trhu je: tříslůžkové izolační rouno společnosti Dupot.

Obsahuje mikrovlákná, dutá vlákna a spirálová vlákna. Tato izolace nese obchodní název Thermolite Extreme a je v současnosti na špici mezi izolacemi na světě.

Další značky výplňových materiálů jsou: Polarguard

Polarguard Classic

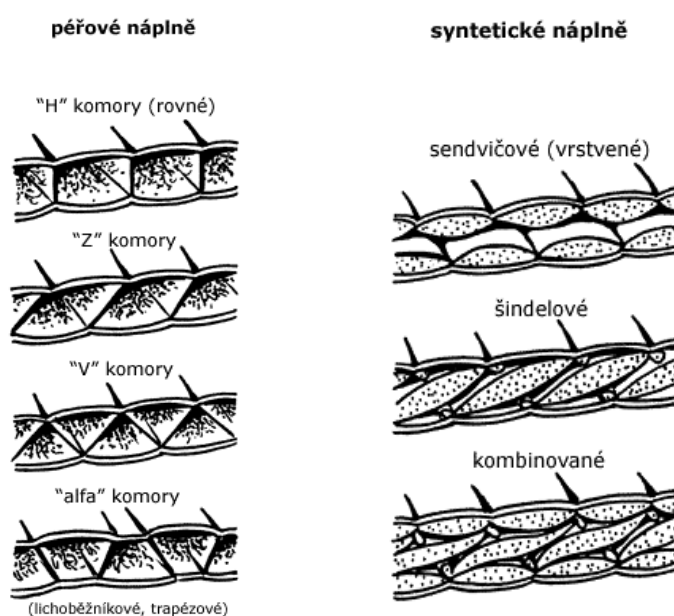
Polarguard HV

Polarguard 3D

Poslední jmenovaný je prozatím nejlepším výrobkem na trhu.

Tento materiál je tvořený jediným nekonečným tepelně spojeným překříženým smyčkováním dutým vláknem s trojúhelníkovou dutinkou, jehož průměr se blíží mikrovláknům.

Slučuje tak všechny přednosti dutých i spirálových vláken a mikrovláken, udržuje teplo i v nejnáročnějších podmínkách a nemají v současné době na světě konkurenci. [ 5]



Obr.5 Schéma péřové a syntetické náplně

#### 4.2.3 Vnější a vnitřní tkanina

Hlavním požadavkem na vnitřní tkaninu je prodyšnost. Vnější tkanina spacáku by měla zároveň alespoň v omezené míře zabránit pronikání vlhkosti z okolí do izolační náplně. Spacák jako celek by ale měl mít dostatečnou prodyšnost, která umožní vlhkosti volně procházet až na vnější povrch a tam se rozptýlit do ovzduší.

Průměrný člověk vypotí za noc ve formě vodních par cca 0,5 až 1,5 litru vlhkosti, která se musí dostat ven. V opačném případě uvnitř spacáku zkondenzuje ve vodu.

Tkanina by měla být zároveň co nejlehčí, aby umožnila co nejlepší rozpínavost izolační náplně. Vnitřní tkanina by kromě prodyšnosti měla být i příjemná při styku s pokožkou. Maximální nároky na použitou tkaninu klade péřová náplň. Tkanina musí mít dostatečně hustou dostavu, aby prachové vločky a drobná pírká nepronikala z komor ven a zároveň musí být dostatečně propustná, aby vodní páry mohly ze spacáku ven.

Často jsou pro používány membránové materiály, např.: Gore-tex

Gore Dry Loft

Excel Dry

Velmi rozšířenými materiály jsou proto mikrovláknové materiály utkané z mikrovláken Meryl nebo Tactel, které se používají jak na péřové spací pytle, ale také na ty se syntetickou náplní. Nejběžnějším materiálem je pak klasický 100% polyamid, tzv. nylon s různými voduodpudivými úpravami a zátěry.

Ripstop je pak zpevněná varianta jakékoli tkaniny, více odolná proti oděru a roztržení.

<b>Porovnání teplotního určení spacích pytlů s stávající syntetickou náplní</b>			
Přibližná hmotnost spacího pytle (kg)	1,3 / 1,5	1,5 / 1,8	1,8 / 2,1
Gramáž náplně (g/m <sup>2</sup> )	200	300	400
Průměrná hodnota dřívějšího značení v ČR (komfort)	-1	-5	-12
Reálná teplota pro kvalitní náplně	0 / +2	-5 / 0	-10 / -5
Reálná hodnota pro běžné náplně	+5 / +8	0 / +5	-5 / 0
Tlim podle evropské normy (standardní muž)	+5 / +12	0 / +7	-5 / +2
Tcomf podle evropské normy (standardní žen	+9 / +15	+4 / +11	0 / +7



## 5. Patentová rešerše

Patenty byly vyhledávány v databázích SCIEDIRECT a ESPACENET.

### FR 2907879 (A1) Tepelně izolační plátno

POPIS:

Tepelně izolační plátno navržené především pro zahradničení. Plátno má textilní strukturu obsahující několikanásobně-vrstvenou plastovou fólii, která je zesílena – vyztužena vláknitou přízí, která je orientována ve směru výroby a nebo v jejím příčném směru.

### US 2005070189 (A1) Laminovaná textilie pro tepelnou izolaci

POPIS:

Laminovaná textilie pro zajištění tepelné izolace je velice nevšední, protože je tvořena dvěma a více vrstvami. První vrstva která přichází do kontaktu s teplem/chladem proti kterému chceme izolovat se díky vlivům teplotních rozdílů smršťuje tak, aby došlo ke vzpřímení spojovacích vláken – příze. Což vede ke zvětšení mezery mezi jednotlivými vrstvami, které jsou zhotoveny, aby byly plně nebo částečně tepelně stabilní.

### TW 247830 (B) odpovídající s: US 2005183251 (A1) Konstrukce textilie představující přenos světla a tepelné izolace a způsob její výroby

POPIS:

Vynález se týká konstrukce textilie představující přenos světla a tepelné izolace a způsob její výroby.

Textil se skládá z povrchově upravené vrstvy vláken a podkladové vrstvy přízí – osnovy. Útkové nitě osnovy a povrchově upravené vrstvy vláken obsahují průhledné a neprůhledné / průsvitné a neprůsvitné nitě. Tím, že seřídíme uspořádání a poměr průhledných a neprůhledných přízí, může mít textilie vlastnost propustnosti světla.

Dalším činitelem v textilní vazbě – struktuře je schopnost vysokého smršťování jednotlivých nití, což je velice rozmanité.

Pokud textilií tepelně vysrážíme, dojde k narušení jejích 3D vlastností. Tím máme namysli narušení jednotlivých vzduchových prostor, které vznikají mezi zatkanými vlákny a způsobují tepelně izolační vlastnosti. Vzhledem k různostem smrštění

jednotlivých přízí dochází také ke změně tloušťky textilie, což opět ovlivňuje tepelně izolační vlastnosti.

#### **KR 20040018420 (A) Multi-funkční tepelně izolační textilie**

POPIS:

Multi-funkční tepelně izolační textilie se vyznačuje tím, že má výbornou schopnost absorbovat vlhkost, rychleschnoucí schopnosti a je velice příjemná na dotek pro nositele. Dalšími vlastnostmi jsou deodorační schopnost, a antistatické vlastnosti, které chrání lidské tělo.

Multi-funkční tepelně izolační textilie se užitečné pro sportovní oblečení a ložní prádlo. Její složení je z: zadní vrstvy obsahující "režnou nit", střední vrstvy obsahující tepelně akumulaci dutého vlákna z polyamidu nebo polyesteru a vrchní vrstvy obsahující velmi jemné příze s ultra -vodu odpuzující funkcí.

Hmotnost tepelně akumulaci dutého vlákna je více než 30%, vztaženo na celkovou hmotnost vláken

#### **JP 8260345 (A) Tepelně izolační textilní materiály s pocitem Soft Touch / Jemné na dotek**

POPIS:

Přilnutím jemného prášku oxidu hlinitého k vláknům textilie získáme tepelně izolační textilií měkkou na dotek. Která je díky svým chadu-vzdorným vlastnostem velice vhodná pro zhotovování sportovního oblečení.

Této textilie je dosaženo tím, že  $\geq 0.5\text{g/m}^2$  jemného prášku oxidu hliníku přilne k povrchu vláken.

Jemný prášek oxidu hliníku má částice o průměru  $\leq 0.3\mu\text{m}$  a  $\alpha$ -typ krystalické mřížky. Mastné soli kyseliny kovu, se stejnoměrně drží na povrchu vláken díky malému množství pryskyřice, která je pojivem.

#### **CN 101358047 (A) Nano modifikované vysoko-účinné nátěry pro tepelnou izolaci**

POPIS:

Vynález se týká nano-modifikované vysoce výkonné tepelné izolace aplikované nástřikem. Nános obsahuje tyto složky: 25 až 35% funkční výplňový prášek rovnoměrně namočený a potažený nano-práškovou spojovací kapalinou, 60 až 70% spékání a 5% látky.

Způsob přípravy nátěru se skládá z následujících kroků: funkční výplňový prášek

s 25 až 35% hmotnosti rovnoměrně promočený a potažený nano-práškovou spojovací kapalinou je rovnoměrně rozptýlen. Dochází ke spékání 60 až 70% z celkové hmotnosti, a pak je přidáno 3 až 6% z celkové hmotnosti doplňkových látek.

Nano modifikovaný nátěr má vysoko tepelně izolační povlak, podle tohoto patentu jsou jeho hlavními výhodami vysoká účinnost, tenká vrstva, tepelná izolace, odolnost proti korozi, vodě a odolnost proti opotřebení, apod.

#### **CN 201236438 (Y) 7. Nano nátěry maltové tepelné izolace**

##### **POPIS:**

Tento patent se vztahuje k nanesení nanometru malty nebo jakékoliv jiné izolační vrstvy v technické oblasti stavebnictví na povrch stěny, které se skládá z bazální povrchové vrstvy, rozhraní spojovací vrstvy, překážející izolační vrstvy, vyrovnávací vrstvy a povrchové ochranné vrstvy. Bazální povrchová vrstva je uspořádána jako spodní vrstva, musí být pevně připojena k vnějším stěnám. Rozhraní spojovací vrstvy brání izolační vrstvě a vyrovnávací vrstvě, které jsou postupně uspořádány na bazální povrchové vrstvě a povrchové ochranné vrstvě. Je zařízeno, aby byly v co nejvyšší míře vrstvy.

Tento patent se vztahuje na nanesení 1 nanometru uhličitanu vápenatého, nanometru křemíku, oxidu titanu a nanometru oxidu zinečnatého.

Ve srovnání s předchozími metodami, životností a izolačním účinkem původní vrstvy jsou hodnoty nano - nátěrů malty lepší. Suroviny jsou pohodlně k zakoupení a náklady se snížily. Anorganické materiály jsou přijaty pro výrobu všech vrstev tak, aby celý povlak byl šetrný vůči okolnímu prostředí.

## **6. Segmentace trhu**

Z pohledu marketingu je trh tvořen zákazníky, kterými pro tuto práci jsou myšleny společnosti vyrábějící spací pytle pro outdoorovou turistiku. Optimálním postupem by bylo vytvoření specifického marketingového mixu pro každého zákazníka tak, aby byly naplněny veškeré jeho podmínky. V praxi je tento postup ovšem nereálný. Proto dochází k takzvané segmentaci trhu. Tato segmentace je nalezení a roztřídění zákazníků do skupin, dle předem stanovených kritérií. Což spočívá v tom, že jednotlivci jsou ve skupinách roztříděni homogenně. Požadavek vnitřní homogenity znamená, že zákazníci si jsou co nejvíce podobní svým postavením na trhu (preference, chování, ...)

Požadavek heterogenosti nelze zaručit, neboť každý z těchto zákazníků je výrobcem námi cíleného produktu, spacího pytle. [ 6]

## **6.1 Nejvýznamnější společnosti vyrábějící outdoorové spací pytle**

**Itálie** - Firma Ferrino byla založena již v roce 1870. Na počátku roku 1900 začala s vývojem a výrobou vybavení pro pobyt v přírodě. První stan značky Ferrino nesl jméno Cervino.

V 80-tých letech se dostává Ferrino na špici outdoorových výrobců díky spolupráci s Reinholdem Messnerem. Tento známý horolezec se začíná podílet na vývoji mnoha výrobků Ferrino. Od této doby se výrobky Ferrino ve velké míře používají při nejnáročnějších expedicích od Antarktidy po mexické jeskyně Naica, od Alp až po Himaláje. Ferrino je synonymem pro perfektní technologii, spolehlivost, dlouholetý vývoj a design.

**Norsko** - Nanok

**Velká Británie** - Gelert

-Vango - Přední Britský výrobce outdoorového a campingového vybavení.

- Coleman - Značka Coleman vznikla na počátku minulého století, kdy v roce 1901 vyrobil William C. Coleman několik prvních kusů přenosných petrolejových lamp. Lamy rozdál farmářům v okolí s tím, že je mohou zaplatit až poté, co je vyzkouší a pouze pokud s nimi budou bez výhrad spokojeni. Všichni farmáři zaplatili. Tak byl položen základ budoucí výjimečné kvality všech produktů nesoucích logo Coleman. Dnes vyrábí firma Coleman outdoorové vybavení špičkové úrovně s použitím nejmodernějších technologií. Více než 100 letá zkušenost a odkaz mimořádné kvality jsou závazkem a zároveň zárukou stoprocentní spokojenosti našich zákazníků.

**Švýcarsko** -Mamut Sports Group AG je dnes na mezinárodní scéně jednou z nejznámějších firem v oboru výrobků pro outdoor. Základní kámen tomuto úspěchu položil před více než 140 lety v roce 1862 mladý výrobce Kašpar Tanner z Lenzburgu.

**USA - Kalifornie** - Marmot - Firma byla založena roku 1974 dvěma studenty Kalifornské univerzity Ericem Reynoldsem a Davem Huntleym. Prvními produkty se staly péřová bunda a spacák. Později Marmot začal šít oblečení z Gore-Texu a řada produktů se začala rychle rozšiřovat. Nyní Marmot sídlí v Santa Rose v Kalifornii a má distribuci ve 27 zemích. Evropské zastoupení Marmot Mountain Europe je v německém Schnaittachu. Společnost se za celou dobu své existence příliš nezměnila. Produkty Marmot jsou totiž nadále synonymem pro kvalitu, výkon a odolnost.

### **Česká republika**

**Boll** - tato firma funguje na českém trhu již 20let. Patří mezi české výrobce outdoorových doplňků a batohů určených pro horolezectví, expedice, trekking, hiking, cyklistiku, sport i volný čas. Na trhu zaujal své pevné místo díky svému kvalitnímu zpracování i inovativnímu a vysoce funkčnímu pojetí designu, který je podporován propracovanými zádovními systémy. Zkušenosti získané během vývoje a výroby, četné účasti na expedicích v různých koutech světa a spolupráce s početným týmem sportovců jsou promítány do celého procesu vzniku každého produktu a proto se BOLL těší značné oblibě mezi všemi kategoriemi uživatelů nejen doma, ale i v zahraničí.

**Hannah** – tato značka se objevila na českém trhu v roce 1991 a specializuje se na výrobu sportovního oblečení, termoprádlo a outdoorového vybavení.

Do produktového portfolia patří lyžařské a outdoorové oblečení, stany, spací pytle, batohy a jejich doplňky. Značka Hannah je dnes už pro řadu uživatelů synonymem pro výrobky z kvalitních značkových materiálů.

**Pinguin** – Firma patří mezi nejstarší české výrobce outdoorového a campingového vybavení, její historie sahá do roku 1989, kdy se na českém trhu objevují

první výrobky s touto značkou. Na samotném začátku se jednalo o tehdy velmi úspěšný peřový program zahrnující spací pytle a peřové bundy. Za téměř dvě desetiletí se sortiment výrobků značky Penguin značně rozrostl na široký záběr outdoorového vybavení a oblečení. Díky své stabilně vysoké kvalitě získala mimořádnou oblibu. Velmi dobrou pozici na trhu si vybudovaly spacáky Penguin určené jak pro běžné outdoorové aktivity, tak pro extrémní použití. Díky tomu zboží se značkou Penguin našlo tisíce spokojených zákazníků a je dnes distribuováno do řady zemí v Evropě i mimo ni.

Sir Joseph - Josef Rakoncaj nikdy nespolehal na nezaručenou kvalitu, proto si v roce 1971 začal šít vlastní horolezecké oblečení. Z počátku jen pro sebe, později pro své spolulezce a kamarády. Využíval svých bohatých zkušeností z expedic, upravoval střihy a vymýšlel praktické detaily usnadňující pohyb v náročných lezeckých terénech a při pobytu ve vysokých nadmořských výškách hledal nové funkční materiály. V roce 1974 neoficiálně založil firmu Rakoncaj, která se jako jedna z prvních se výlučně zaměřila na výrobu speciálního expedičního horolezeckého oblečení a doplňků. Po roce 1990 zahájil svou podnikatelkou činnost oficiálně s novým názvem firmy, Sir Joseph. Vyrábět začínal v malých výrobních prostorech a s doma pracujícími švadlenami.

Jeho výrobky se, díky své kvalitě, funkčnosti a cenové dostupnosti, rychle staly bestsellerem mezi českými a slovenskými výškovými horolezci a postupně se o vybavení značky Sir Joseph začaly zajímat i zahraniční expedice. Výroba se začala rychle rozvíjet, a tak brzy mohl Josef Rakoncaj vybudovat výrobní dílnu.

V roce 1994 nastoupil do firmy syn Josefa Rakoncaje, Lukáš a v roce 2001 také jeho dcera, Lucie. Firma Sir Joseph patří mezi přední firmy na světě, které vyrábějí péřové expediční vybavení. Je členem Evropské Outdoorové organizace, European Outdoor Group, která se zásadním dílem podílí na vývoji nových světových trendů v oblasti outdoorového vybavení.

Warmpeace – Výrobou vybavení do přírody se tato firma zabývá zhruba od poloviny osmdesátých let. Nejprve to byly jen péřové bundy a spací pytle, které její zakladatelé šili pro sebe, své přátele a jejich známé v kuchyni malého vesnického domku. Počátkem roku 1990 se pak z pokoutní výroby stala oficiálně fungující živnostenská firma, které jeden kamarád vymyslel „péřové logo“ a název WARMPEACE, jakožto jednoslovný ekvivalent k výrazu či spíše pocitu „pohoda v teple“.

V roce 1991 se firma WARMPEACE odstěhovala z kuchyně do prvních pronajatých prostor v Praze a přijala první zaměstnance.

Výroba se rozšířila a péřové výrobky byly postupně doplňovány o další součásti sportovního vybavení a oblečení .

V roce 1994 získává Warmpeace licenci firmy Gore a začíná šít z materiálů Gore-Tex a Windstopper. Důraz na kvalitu výroby a fakt, že se WARMPEACE zařadil do úzké rodiny zpracovatelů materiálů Gore a později i dodavatelů dalších prověřených a ve světovém outdooru ověřených textilií, umožnily rozšířit oblast jeho působnosti z domácího i na zahraniční trh, jehož je dnes zavedenou součástí.

Dnes je tato značka známá nejen v Čechách, ale také v přilehlých evropských zemích, ve Skandinávii, v Německu, Dánsku.

Condor - Výrobce spacáků, oblečení ze syntetických materiálů, týpí, podsadových stanů, pláštěnek, polštářů a příkrývek a dalších drobných doplňků. Všechny výrobky jsou vyráběny v tuzemsku. Jako tepelně izolačního materiálu používáme u svých spacáků a zimních bund kromě běžných materiálů také vlastnoručně vyvinutého a patentovaného materiálu Duotherm®.

Jurek S+R - V roce 1990 začíná jeden z bratrů, za vydatné podpory otce provozovat dílnu s čalounickými službami a následně je z podnětu druhého bratra zahájena výroba kopulovitých stanů. Rychle se rozvíjející výrobní program je v roce 1996 dále rozšířen o výrobu oblečení do přírody. Nyní je firma JUREK S +R největším českým výrobcem kopulovitých stanů.

---

<sup>1</sup> Informace o společnostech byly čerpány ze stránek [www.mall.cz](http://www.mall.cz)

Kvalitu výrobků dosvědčují zkušenosti desetitisíců uživatelů při pobytech, přechodech, výstupech či expedicích.

Využití špičkových materiálů, důraz na kvalitu a přístupnost různorodým potřebám uživatelů přináší neustálý vývoj a zdokonalování našich výrobků.<sup>1</sup>

## **7. Inovace materiálového složení spacích pytlů přidáním nanovláknenné vrstvy**

Jak již bylo uvedeno po desetiletí se vyráběly spací pytle zpočátku z peří, což postupem času přestalo plně vyhovovat uživatelům a jejich nárokům. Technický pokrok způsobil především vývoj doby a zdokonalování výrobních postupů a přístrojů. Na řadu přišla široká škála uměle vyráběných vláken různých parametrů. Cílem této práce je provedení inovace ve stávající skladbě materiálů, jenž se používají jako výplňový segment spacích pytlů.

V současnosti je na vrcholu textilních technologií a materiálů nanovlákneno. Proto součástí Experimentu (viz. níže) je posouzení, zda-li by se přidáním nanovláknenné vrstvy výrazně změnilo – zlepšilo tepelně izolační vlastnosti výplňových materiálů spacích pytlů.

Výhody:

- Zvýšení tepelně izolačních vlastností již existujících výplňových materiálů přidáním  
nanovláknenné vrstvy
- Eliminování výplňových materiálů
- Velice nízká hmotnost – stačí pouze tenká vrstva
- Vysoká propustnost vodních par

Nevýhody:

- Cena
- Dlouhodobý vývoj

## **8. Experiment**

K provedení tohoto experimentu ve spolupráci s firmou Elmarco s.r.o bylo dále vyzváno několik českých výrobců spacích pytlů. Od kterých bylo požadováno poskytnutí již existujících materiálů, jež dané společnosti využívají ke zhotovení jimi



nabízených produktů, tedy spacích pytlů. Jelikož ani jedna ze společností není přímým výrobcem netkaných textilií, kterými jsou spací pytle plněny, byly tyto společnosti dále požádány o cenovou kalkulaci materiálů, pro získání ucelených výsledků.

**Osloveni byli:** Jurek S+R s.r.o, Prima Outdoor s.r.o, Boll s.r.o, Sir Joseph s.r.o, Warmpeace s.r.o, Condor s.r.o

Prvních pět na výzvu a žádost nereagovalo. Jedinou firmou, která umožnila proměření experimentu a spolupracovala i zasláním cenové kalkulace za materiály byla firma Condor s.r.o.

Z důvodu chybějících popisů materiálového složení, gramáží a provedených úprav byly vzorky nejprve podrobeny diferenční termické analýze a scanovací kalorimetrii.

Pro přesné stanovení chemického složení poskytnutých vzorků.

## **8.1 Určení materiálového složení vzorků**

### **8.1.1 Diferenční a termická analýza a diferenční scanovací kalorimetrie**

#### **8.1.1.1 Definice metod termické analýzy**

Pod pojmem termická analýza rozumíme obecně takové experimentální analytické metody, při nichž se sledují některé fyzikální nebo fyzikálně-chemické vlastnosti zkoumané látky v závislosti na čase nebo na teplotě. Jsou to tedy metody, které popisují změny fyzikálně chemických vlastností sledovaného systému při jeho ohřevu. Většina těchto metod sleduje příslušné vlastnosti systému (hmotnost, energii, rozměr, vodivost apod.) jako dynamickou funkci teploty. Základním jevem důležitým pro metody termické analýzy je změna entalpie ( $H$ ). Každou látku lze charakterizovat obsahem volné entalpie ( $G$ ), která je daná vztahem  $G = H - TS$  kde  $H$  je entalpie,  $T$  je absolutní teplota a  $S$  je entropie.

Každý systém má za dané teploty snahu dosáhnout takový stav, který odpovídá nižšímu obsahu volné entalpie. Příkladem může být přechod látky z jedné krystalické formy do druhé, která má za dané teploty menší obsah volné entalpie a je tedy stálejší. K vytvoření stabilnější krystalické struktury nebo jiného stavu s nižší hodnotou volné entalpie může při ohřevu vzorku dojít i postupně přes jednotlivé mezistupně. Takovou přeměnou může být tání. [ 7]

Metody termické analýzy var, sublimace, krystalická přeměna, chemická reakce apod. Při ohřevu nebo ochlazování látky dochází k reverzibilním nebo ireverzibilním změnám rozměrů, které závisí na počátečních rozměrech a teplotě. Rovněž analýza plynných produktů chemických reakcí a sledování dalších fyzikálně chemických parametrů, jako je elektrická a tepelná vodivost, optické vlastnosti, dielektrické konstanty, termoelektrické napětí, magnetické vlastnosti atd., je podkladem metod, které lze podle definice řadit k metodám termické analýzy. Protože chemická reakce nebo změna fáze bývá provázena změnami několika fyzikálně chemických parametrů současně, používá se současně několika tepelně analytických metod, čímž se získá nejen větší vzájemně se doplňujících výsledků, ale obvykle se zajistí i lepší shoda pokusných podmínek.

K nejstarším metodám termické analýzy patří diferenční termická analýza (DTA).

Definujeme-li termováhy jako zařízení umožňující vyjádřit nebo graficky zapsat změny hmotnosti vzorku podrobeného ohřevu nebo ochlazování v závislosti na teplotě nebo čase.

### 8.1.1.2 Základní princip metod termické analýzy

Jednou z experimentálních metod, jichž se dnes v laboratořích pro hodnocení materiálů používá je termická analýza. V této oblasti jsou vyvíjeny stále nové metody, které sledují změny vlastností materiálu s teplotou.

Obecně zde vystupují tři veličiny: a) čas

b) teplota

c) vlastnost materiálu

**Čas:** Při izotermickém ohřevu sledujeme změny vlastností v závislosti na čase. V praxi však kombinujeme izotermický a neizotermický ohřev zkoumaného materiálu. Pro neizotermní ohřev stanovujeme rychlost ohřevu a čas je pak dán rychlostí ohřevu a teplotním intervalem, ve kterém měření provádíme.

Tedy: teplotní interval (K) = rychlost ohřevu (K/min) x čas (min)

**Teplota:** Proces může probíhat za izotermických podmínek, ale mnohem častěji se při termických metodách používá proměnné teploty. Opět nejčastěji jde o konstantní rychlost ohřevu, ale současná úroveň regulační a výpočetní techniky umožňuje i jiné typy ohřevu, jako periodické zvyšování a snižování teploty ve zvoleném teplotním intervalu, přičemž vzrůst teploty může být konstantní rychlostí a pokles teploty

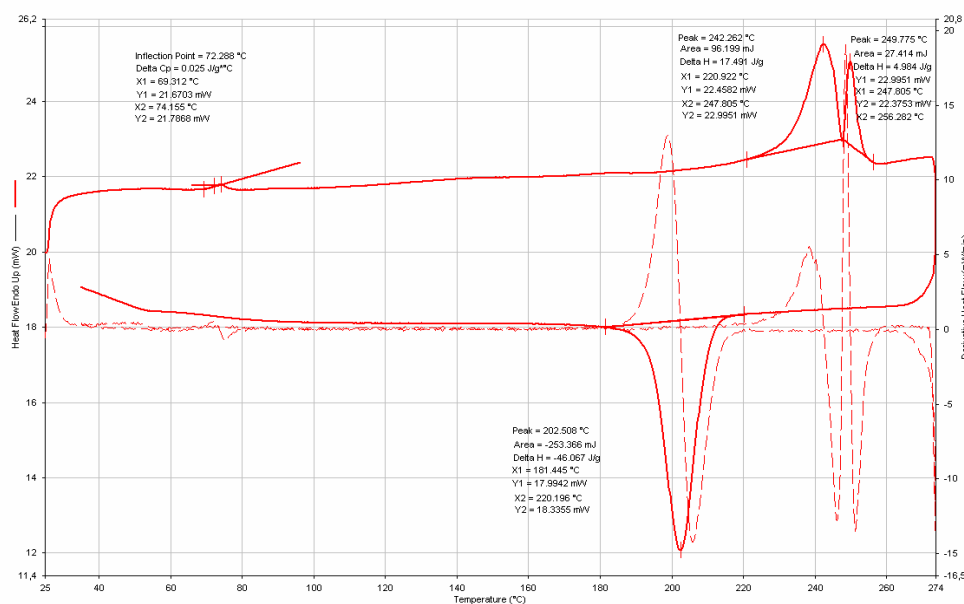
samovolný nebo je konstantní rychlost ohřevu i chlazení. Jiná možnost je, že rychlost ohřevu se periodicky mění a změny rychlosti mají tvar sinusovky nebo jinou periodu.

[ 7]

### 8.1.1.3 Teoretické základy metody DSC

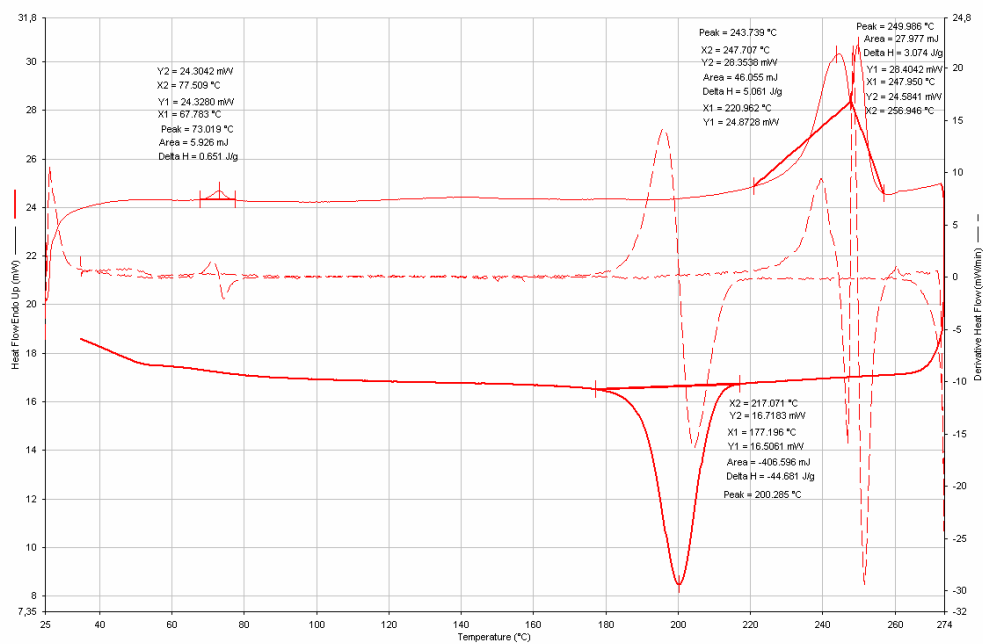
Diferenční snímací nebo scanovací termickou analýzu můžeme nazvat „obrácenou“ DTA. Při této metodě se vzorek podrobuje lineárnímu ohřevu a rychlost tepelného toku ve vzorku, která je úměrná okamžitému měrnému teplu, se plynule měří. Uvnitř měrného pláště, který je normálně udržován na pokojové teplotě, jsou vmontovány dvě symetrické nádoby. Odporový teploměr a topný člen zabudovaný v nosiči vzorku slouží jako primární teplotní kontrola systému. Sekundární teplotní kontrolní systém měří teplotní diferenci mezi oběma nosiči a tento rozdíl upravuje na nulový kontrolou tepelného proudu, který je měřen. Jinými slovy řečeno, teplota vzorku je udržována izotermní se vzorkem srovnávacím (nebo blokem) dodáváním tepla do vzorku srovnávacího. Toto množství, potřebné k udržení izotermních podmínek, je zapisováno v závislosti na čase nebo teplotě. Neměří se tedy diferenční teplota jako u klasické DTA, nýbrž elektrický příkon potřebný k udržení izotermních podmínek. [ 7] Použití malých vzorků (miligramová množství), umístěných na kovových foliích, snižuje tepelný spád na minimum. Malá tepelná kapacita celého systému dovoluje použít velké rychlosti ohřevu (desítky K/min) a zajišťuje velkou rozlišovací schopnost. Množství uvolněného (zabaveného) tepla je tedy úměrné množství elektrické energie spotřebovaného na zahřátí vzorku (standardu). Jde tedy o kalorimetrickou metodu. [ 7]

**Vzorek číslo 1:**



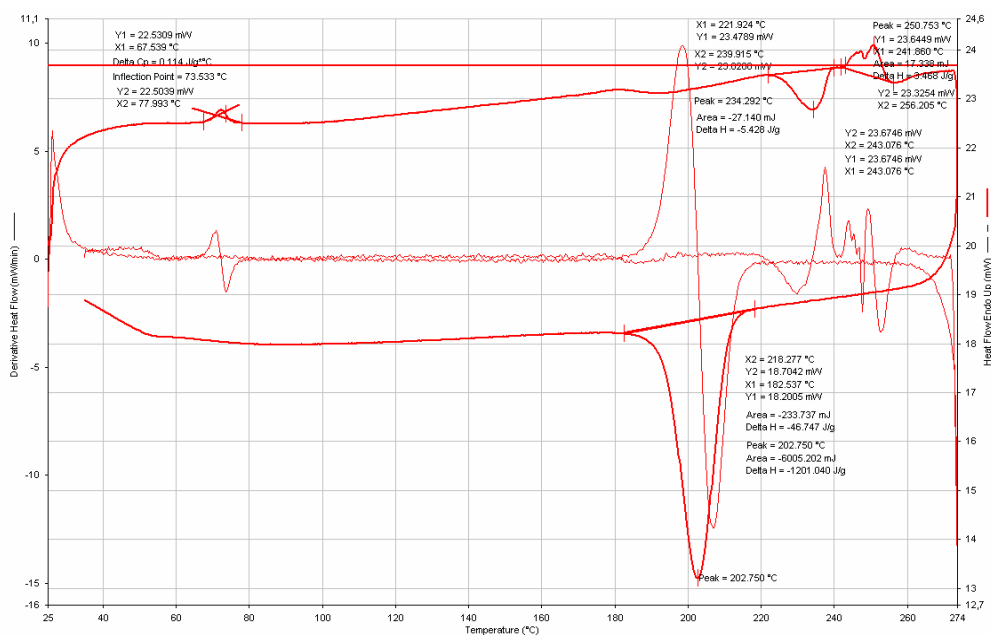
Peak = 249,775°C

## Vzorek číslo 2:



Peak = 249,986°C

## Vzorek číslo 3:



Peak = 250,753°C

## Zhodnocení:

Naměřené hodnoty prokazují, že se ve všech případech jedná o PL, jehož ustanovená hodnota bodu tání od 250°C -260°C, což měření zcela odpovídá.

Polyestery jsou skupina polymerů, které obsahují esterovou funkční skupinu.

První syntetický polyester se používal v 1. světové válce jako impregnační materiál.

Vlákno ze syntetického polyesteru bylo vynalezeno v Anglii v roce 1941.

Vlákno je lineární makromolekula, jejíž hlavní řetězec  $[-CO-O-]$  se sestává nejméně z 85 % z esteru vyrobeného polykondenzací.

Základní surovinou je ropa, ze které se získává dimethyltereftalát a glykol.

Polykondenzací obou sloučenin pak vzniká polyethyltereftalát.

**Polyethyltereftalát se :** a) přímo zvlákňuje (kontinuální postup)

Nebo b) zpracovává diskontinuálně: granulát – sušení – tavení  
zvlákňování

**Konečný výrobek se vyrábí ve 3 formách:**

**Hedvábí** (filament) se vyrábí v jednoduché, hladké podobě nebo modifikované.

Polyesterové vlákno je svým chemickým složením velmi vhodné k modifikaci, tedy úpravám příměsí chemických sloučenin a k zušlechtění mechanickým nebo pneumatickým tvarováním.

**Kabílek** z polyesterových filamentů je surovina produkovaná zejména pro přádelny vlny, resp. přádelny dlouhých vláken. Zde se filament trhá nebo řeže na konvertoru na staplová vlákna, která se délkou i tvarem mohou přizpůsobit staplu vlny.

**Stříže** se dodávají v délce a ostatních vlastnostech přizpůsobených vláknům, se kterými se smíchávají při předení.

Polyesterová vlákna se mohou vyskytovat prakticky ve všech textilních výrobcích (kromě punčoch a podšívkovin).

K nejdůležitějším kladným vlastnostem patří:

- vysoká odolnost na světle
- odolnost vůči povětrnosti a mikroorganizmům
- nízká navlhavost.

Mnohé vlastnosti se dají snadno zlepšit chemickými nebo mechanickými procesy. Na příklad: - Zvýšenou orientací molekul se dá zvýšit pevnost.

- Přimícháním malého množství chemikálií je možné :

- snížit žmolkovitost (na úkor pevnosti),
- zvýšit afinitu k barvivům (k barvení nemodifikovaných vláken jsou využívána disperzní barviva)
- srážlivost, obloučkovitost .

- Omak a lesk velmi podobný přírodnímu hedvábí se dosahuje u vláken s nekruhovým (např. trojúhelníkovým) průřezem.
- Dutá polyesterová vlákna se používají jako alternativa k peří s tou výhodou, že se výrobky plněné tímto materiálem nechají prát.
- Vzhledu polyesterového hedvábí podobného staplovým přízím se dosahuje mícháním vláken s rozdílným stupněm protažení a tvarování.

Mícháním přírodních vláken s polyesterem se dosáhne v mnohém směru zlepšení užitných vlastností příze. Nejjemnější polyesterové vlákno (tzv. mikrovlákn) se vyrábí ve ¼ tloušťky průměrné bavlny. Tkaniny ze směsí s polyesterem jsou lehčí a méně mačkové, pevnější a trvanlivější. Podobně je tomu u směsí polyester/vlna. [ 8]

## **8.2 Charakteristika měřených vzorků**

### **8.2.1 Výplňový materiál**

Z materiálového určení lze usoudit, že se jedná o materiál Duotherm®, který odpovídá naměřeným parametrům.

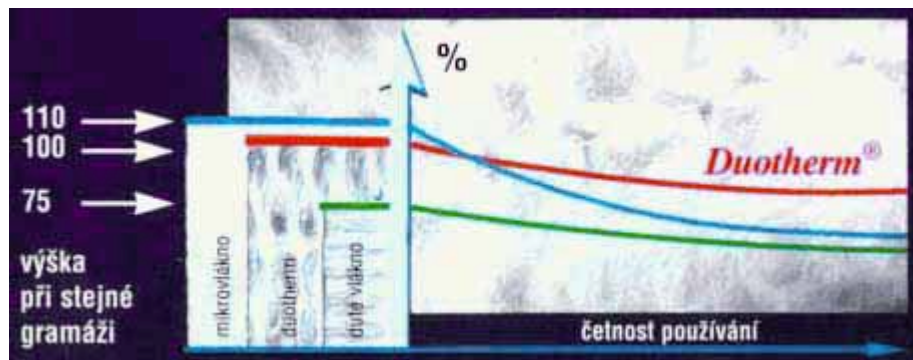
Duotherm® je tepelně izolační materiál nové generace, který se vyznačuje velmi dobrým poměrem hmotnosti a izolační schopnosti a také zvýšenou mechanickou odolností, což se příznivě projeví v prodloužené životnosti.

Mechanickou pevnost materiálu dává velmi lehká nosná síťka (cca 7g/m<sup>2</sup>), která je vložena mezi dvě vrstvy tepelně spojených vláken.

Obě vrstvy jsou tvořeny z vertikálně orientovaných vláken, která dávají materiálu velmi vysoký vzduchový objem "loft" a tím i velmi dobré izolační vlastnosti. Vertikální orientace vlákna zlepšuje mechanické vlastnosti - pružnost materiálu, objem při zatížení a odolnost proti slehnutí.

Orientační porovnání izolačních vlastností s běžně používanými materiály z dutých vláken a mikrovláken ukazuje graf. Z grafu je rovněž patrná souvislost opotřebení s četností používání. Materiál Duotherm® byl vyvinut pro výrobu kvalitních spacích pytlů.

Použitím jedné až tří různě silných vrstev lze vyrobit spací pytle ve velkém rozsahu teplotního určení od velmi lehkých letních (cca 800g) až po velmi teplé zimní (cca 2500g). Výztužná síťka odstraňuje nutnost hustého prošívání, kterým se zpevňují výplně z běžných dutých vláken.<sup>2</sup>



Obr. 6 Výplňový materiál Duotherm®

**Průřez rounem:**



Obr. 7, 8 Struktura materiálu Duotherm® a ostatních roun

### 8.2.2 Vrchový materiál:



**Tactel®** - mikrovláknový materiál firmy Du Pont tvořený jemnými profilovanými vlákny vyniká vysokými užitnými vlastnostmi jako jsou :

- Vysoká pevnost při nízké hmotnosti
- Výborná prodyšnost a současně vysoká odolnost proti působení větru
- Částečná odolnost proti vlhkosti (materiál je vysoce hydrofobní)

Mikrovlákno Tactel® se vyznačuje originálním profilem vláken. Jednotlivá vlákna jsou třícípého hvězdicového profilu a proto svazky těchto vláken- příze použité při výrobě úpletů a tkanin do sebe velmi dobře zapadají a zvyšují kompaktnost vrstvy tkaniny.

<sup>2</sup> Informace o materiálu Duotherm® jsou čerpány ze stránek společnosti Condor. [www.spacaky.cz](http://www.spacaky.cz)

Těsným spojením vláken vzniká v tkanině složitá labyrintová struktura, která zvyšuje odolnost proti účinkům větru v porovnání s klasickými vlákny kruhového profilu

a současně je zachována prodyšnost tkaniny. Navíc jsou vlákna impregnována teflonem a tím má tkanina i částečnou odolnost proti vodě-např. proti rose, mlze nebo drobnému mžení. Odolnost proti dešti je nižší vzhledem k vyšší kinetické energii dopadajících kapek, které spolehlivě vzdorují až materiály s odolností přes 2 metry vodního sloupce. Životnost teflonové impregnace je velmi dobrá, neboť vzdoruje potu i pracím prostředkům. Ovšem po praní je potřeba výrobky důkladně vymáchat, aby v tkanině nezůstaly žádné zbytky pracích prostředků! Prací prostředky působí snižováním povrchového napětí vody jako smáčedlo a tím by impregnace ztratila na účinnosti.

Ke pomalému snižování účinnosti impregnace dochází pouze jejím mechanickým opotřebením.<sup>3</sup>

### 7.3 Měření tepelného komfortu - objektivní hodnocení

Objektivní zhodnocení parametrů tepelného odporu měřených vzorků probíhalo na přístroji PERMETEST.

Základem přístroje je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model kůže“ sloužící k simulování procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím prostředím. Měření zahrnující jeden nebo oba přenosy se mohou provádět buď separátně nebo při měnících se vnějších podmínkách, zahrnujících kombinaci různých teplot, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat rozdílným ustáleným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu. [1]

#### 8.3.1 Permetest

Přístroj svou podstatou simuluje „model kůže“ tedy tzv. SKIN MODEL. Je založen na přímém měření tepelného toku  $q$  procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní destička která je zavlhčována, čímž se simuluje funkce přirozeného ochlazování kůže potem. Na tento povrch je přes separační fólii přiložen měřený vzorek. Vnější strana vzorku

---

<sup>3</sup> Informace o materiálu Tactel® jsou čerpány ze stránek společnosti Condor s.r.o. [www.spacaky.cz](http://www.spacaky.cz)



je ofukována. Při měření tepelného odporu je měřicí hlavice (skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován na teplotě okolního vzduchu (obvykle 20 – 23 °C), který je do přístroje nasáván. Měřicí hlavice udržuje teplotu o 10°C vyšší nežli je teplota nasávaného vzduchu z okolí. Tím jsou zjištěny izotermické podmínky měření.

Nejdříve pro správné proměření tepelného odporu vzorků je nutné PERMETEST kalibrovat hodnotou  $59,0 \text{ mK} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$  podle stanoveného vzorku materiálu, jímž je zpeněžený polyetylen jehož tepelný odpor je kalibrační hodnota.

Dále se měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky.

### **8.3.2 Stanovení parametrů termofyziologického komfortu pomocí Permetestu**

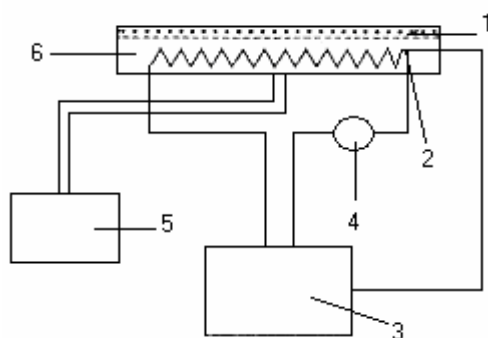
Základem přístroje je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model kůže“ sloužící k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidské pokožkou a okolím. Měření zahrnující jeden nebo oba přenosy se mohou provádět buď separátně nebo při měnících se vnějších podmínkách, zahrnujících kombinaci různých teplot, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat rozdílným ustáleným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu.

#### **8.3.2.1 Zkouška provedená za stacionárních podmínek**

Zkušební vzorek se umístí na elektricky vyhřívanou desku o teplotě 20°C obtékanou vzduchem proudícím paralelně s jeho povrchem desky o rychlosti  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a teplotě o 10°C nižší, toto nastavení je pouze při měření tepelného odporu.

Po dosažení ustálených podmínek celého systému (což běžně trvá několik hodin) se měří vhodným přístrojem (elektrickým wattmetrem) příkon vytápěné desky.

Při měření tepelného odporu vzorku je pro nás rozhodující pouze tepelný rozdíl. (gradient parciálních tlaků).



- 1 – porézní kovová deska
- 2 – teplotní čidlo
- 3 – regulátor teploty
- 4 – vyhřívání měřícího zařízení
- 5 – dávkovací zařízení na vodu
- 6 – kovový blok s topným elementem

Obr. 9 - Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodem vody

Hodnocená textilie: Duotherm vz.č.: 1	Plošná hmotnost [g]	Tloušťka materiálu h [mm]	Tepelný odpor - r [mK*m <sup>2</sup> *W <sup>-1</sup> ]	R [m <sup>2</sup> *K/W]
1. měření	12,5	18	135,4	0,1354
2. měření			131,4	0,1314
3. měření			131,2	0,1312
4. měření			127,6	0,1276
5. měření			138,7	0,1387
<b>Průměrná hodnota x</b>			<b>132,86</b>	<b>0,13286</b>
<b>Rozptyl hodnot - s<sup>2</sup></b>			<b>18,278</b>	
<b>Variační koeficient - v [%]</b>			<b>3,217881807</b>	
<b>λ=h/R</b>			<b>0,135480957</b>	

Tab. 1

Hodnocená textilie: Duotherm vz.č.: 2	Plošná hmotnost [g]	Tloušťka materiálu h [mm]	Tepelný odpor - r [mK*m <sup>2</sup> *W <sup>-1</sup> ]	R [m <sup>2</sup> *K/W]
1.měření	8,74	16	149,4	0,1494
2. měření			150,4	0,1504
3. měření			137,8	0,1378
4. měření			117,6	0,1176
5. měření			129,3	0,1293
<b>Průměrná hodnota - x</b>			<b>136,9</b>	<b>0,1369</b>
<b>Rozptyl hodnot - s<sup>2</sup></b>			<b>192,39</b>	
<b>Variační koeficient - v [%]</b>			<b>10,13182778</b>	
<b>λ=h/R</b>			<b>0,11687363</b>	

Tab. 2

Hodnocená textilie: Duotherm vz.č.: 3	Plošná hmotnost [g]	Tloušťka materiálu h [mm]	Tepelný odpor - r [mK*m <sup>2</sup> *W <sup>-1</sup> ]	R [m <sup>2</sup> *K/W]
1. měření	10,62	13	162,9	0,1629
2. měření			130,2	0,1302
3. měření			136,1	0,1361
4. měření			160,9	0,1609
5. měření			162,3	0,1623
<b>Průměrná hodnota - x</b>			<b>150,48</b>	<b>0,15048</b>
<b>Rozptyl hodnot - s<sup>2</sup></b>			<b>255,152</b>	
<b>Variační koeficient - v [%]</b>			<b>10,61501729</b>	
<b>λ=h/R</b>			<b>0,086390218</b>	

Tab. 3

Hodnoty tepelného odporu získané měření samotných vzorků jsou velice neuspokojivé.

vz.č. 1:  $\lambda = h/R = 0,13548095 \text{ [mK*m}^2\text{*W}^{-1}\text{]}$

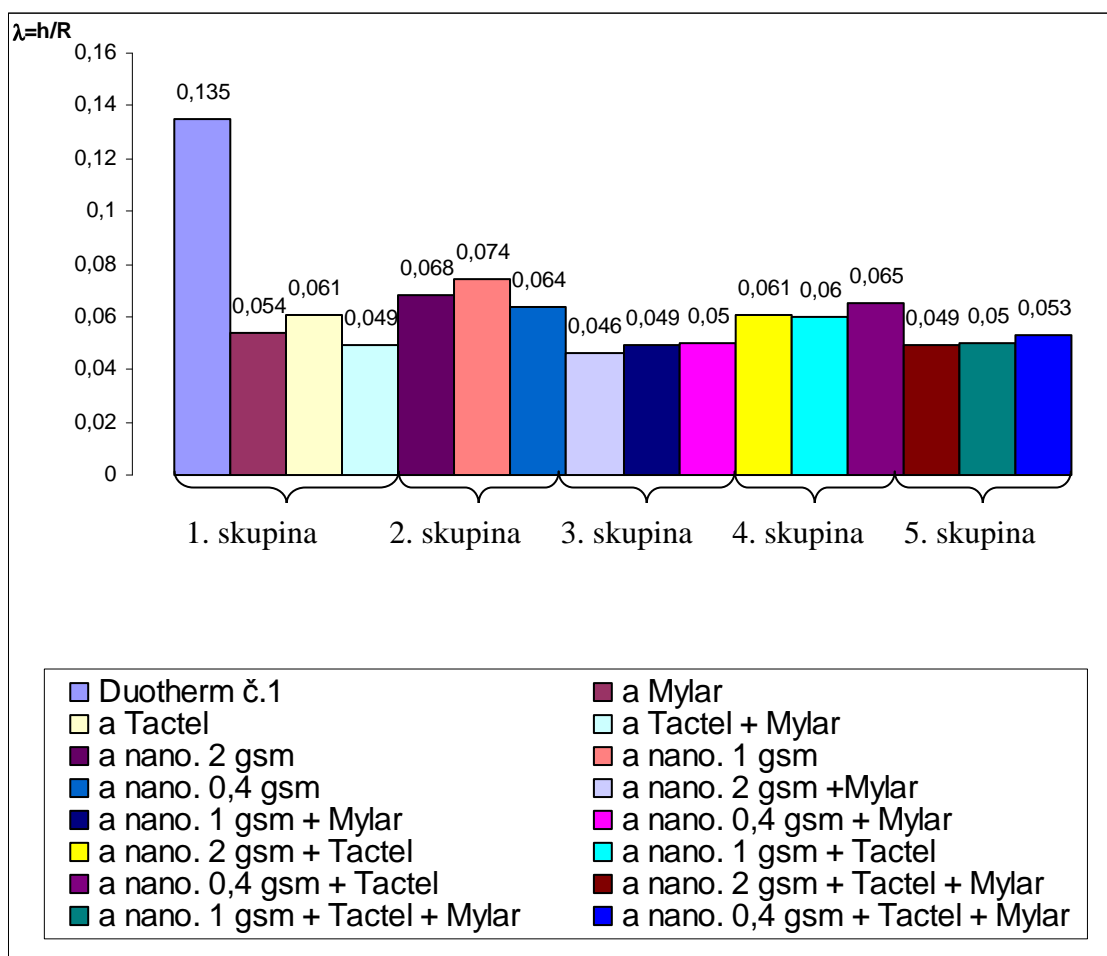
vz.č. 2:  $\lambda = h/R = 0,11687363 \text{ [mK*m}^2\text{*W}^{-1}\text{]}$

vz.č. 3:  $\lambda = h/R = 0,08639021 \text{ [mK*m}^2\text{*W}^{-1}\text{]}$

Dalším krokem bylo měření - vzorky Condor + polyesterová fólie Mylar firmy DuPont

- vzorky Condor + vrchový materiál Tactel
- vzorky Condor + Mylar + vrchový materiál Tactel
- vzorky Condor + nanotextilie - 2 gm<sup>-2</sup>
  - 1 gm<sup>-2</sup>
  - 0,4 gm<sup>-2</sup>
- vzorky Condor + Mylar + nanotextilie - 2 gm<sup>-2</sup>
  - 1 gm<sup>-2</sup>
  - 0,4 gm<sup>-2</sup>
- vzorky Condor + vrch.mat Tactel + nanotextilie - 2 gm<sup>-2</sup>
  - 1 gm<sup>-2</sup>
  - 0,4 gm<sup>-2</sup>
- vzorky Condor + vrch.mat Tactel + Mylar + nano. - 2 gm<sup>-2</sup>
  - 1 gm<sup>-2</sup>
  - 0,4 gm<sup>-2</sup>

- Fólie Mylar byla do experimentu zvolena proto, že díky své tloušťce 10μm neovlivní tepelný odpor vzorku, ale 100% odizoluje vzorek od proudícího vzduchu v přístroji.



Graf č.1

**Zhodnocení:** Graf znázorňuje závislost lambdy [ $\lambda = h/R$ ] na materiálové skladbě měřených vzorků.

Škála jednotlivých měření byla rozdělena do 5 skupin. Které byly sestaveny podle vzájemné příbuznosti měřených materiálů. Měření probíhalo 5x, z čehož byly vyvozeny statistické výsledky. Přesné hodnoty měření jsou uvedeny v kapitole *Přílohy*.

**1. skupina** - zde je patrné, že nejhůře dopadly statistické výsledky pro samotný výplňový materiál Duotherm č.:1 o plošné hmotnosti 12.5g/m<sup>2</sup>. V 1.skupině dopadl nejlépe výsledek pro kombinaci výplně Duotherm spolu s fólií Mylar a s krycím materiálem Tactel.

**2. skupina** – zde byl kombinován výplňový materiál Duotherm s nanovláknými vrstvami o 3 různých plošných hmotnostech. Výsledky nejsou přijatelné.

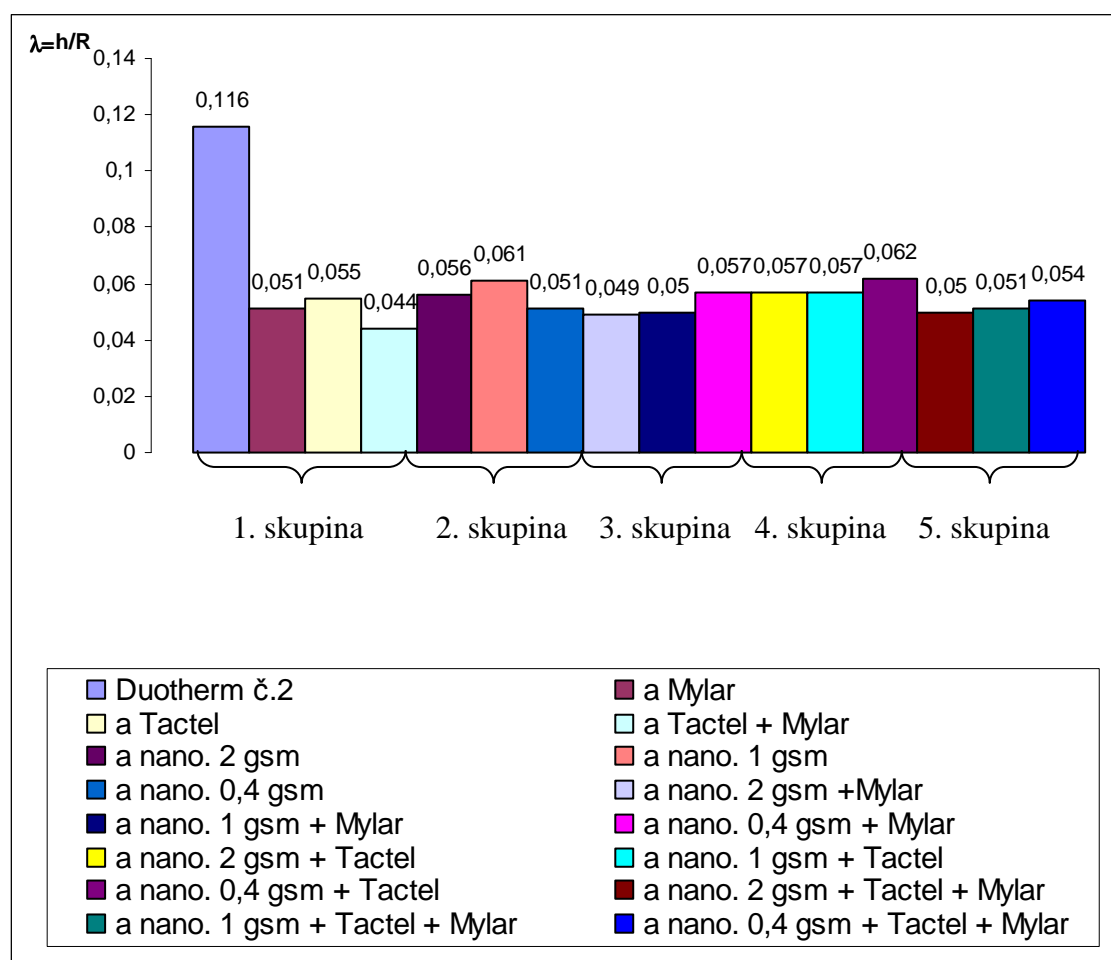
**3. skupina** – v této skupině byl kombinován výplňový materiál Duotherm s nanovláknými vrstvami různých plošných hmotností a dále s fólií Mylar, která celou skladbu vrstev uzavřela.

Nejllepší výsledek vychází pro kombinaci Duotherm + nanovlákná textilie 2 g/m<sup>2</sup>

a fólie Mylar. I přes to, nejsou tyto výsledky statisticky přijatelné.

**4. skupina** – zde byl materiál Duotherm kombinován s nanovláknými vrstvami a s povrchovým materiálem Tactel. Výsledky si jsou značně podobné, ale i tak nesplňují naše předpoklady. Zajímavostí u této skupiny je, že přidáním další krycí vrstvy oproti předešlé skupině se výsledky zvýšili.

**5. skupina** – zde byly zkombinovány všechny druhy krycích materiálů, Tactel, fólie Mylar a nanovlákné vrstvy k výplňovému materiálu Duotherm. Statistické výsledky nejsou uspokojivé.



Graf č.2

**Zhodnocení:** Graf znázorňuje závislost lambdy [ $\lambda = h/R$ ] na materiálové skladbě měřených vzorků.

Škála jednotlivých měření byla rozdělena do 5 skupin. Které byly sestaveny podle vzájemné příbuznosti měřených materiálů. Měření probíhalo 5x, z čehož byly vyvozeny statistické výsledky. Přesné hodnoty měření jsou uvedeny v kapitole *Přílohy*.

**1. skupina** - zde je opět patrné, že nejhůře dopadly statistické výsledky pro samotný výplňový materiál Duotherm č.:1 o plošné hmotnosti 8.74g/m<sup>2</sup>.

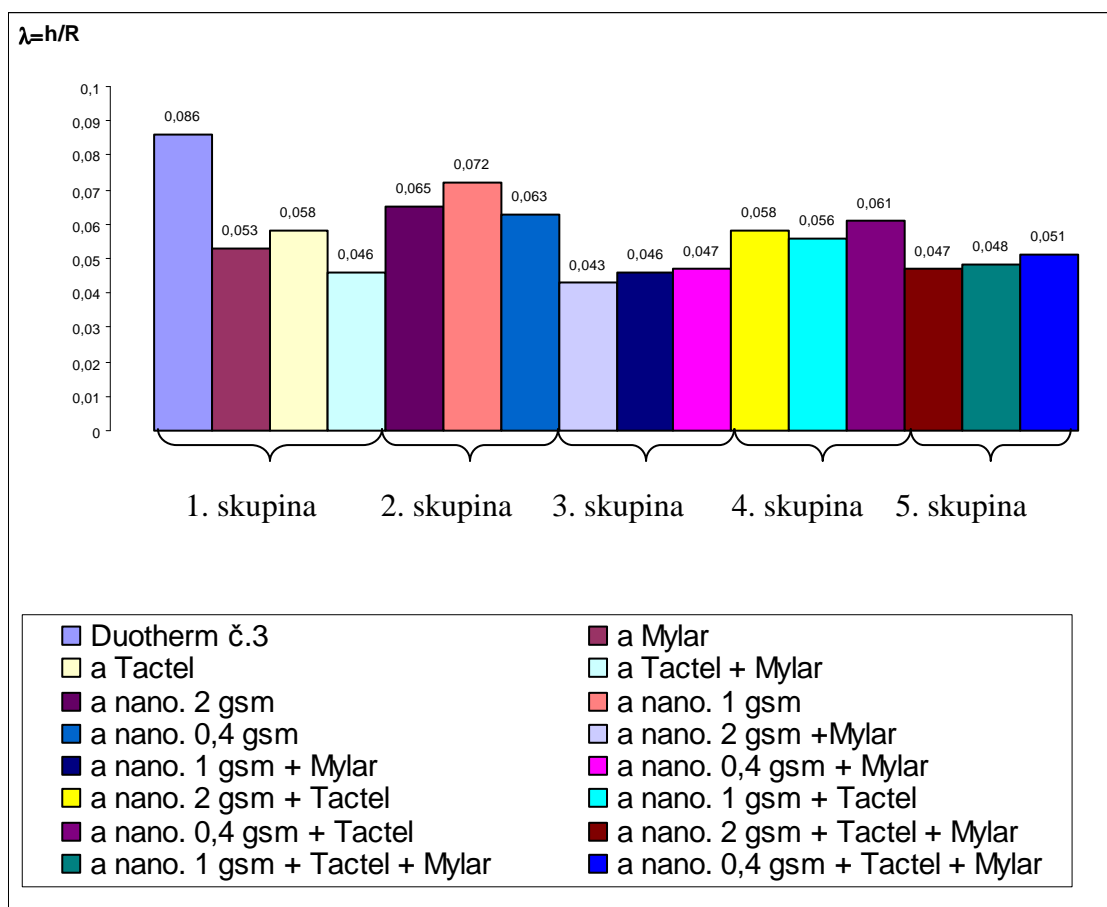
I zde dopadl nejlépe výsledek pro kombinaci výplně Duotherm spolu s fólií Mylar a s krycím materiálem Tactel, stejně jako v předchozím grafu.

**2. skupina** – opět byl kombinován výplňový materiál Duotherm s nanovláknými vrstvami o 3 různých plošných hmotnostech. Ani tyto výsledky nejsou přijatelné.

**3. skupina** – i zde byla měřena kombinace výplňového materiálu Duotherm s nanovláknými vrstvami různých plošných hmotností a fólií Mylar.

**4. skupina** – zde byl materiál Duotherm kombinován s nanovláknými vrstvami a s povrchovým materiálem Tactel. Výsledky si jsou značně podobné, ale i tak nesplňují naše předpoklady. Zajímavostí u této skupiny je, že přidáním další krycí vrstvy oproti předešlé skupině se výsledky zvýšili.

**5. skupina** – zde byly opět zkombinovány všechny druhy krycích materiálů, Tactel, fólie Mylar a nanovlákné vrstvy k výplňovému materiálu Duotherm. Statistické výsledky jsou u skupin 2, 3, 4, 5 velice podobné. Pro experiment nejsou uspokojivé.



Graf č.3

**Zhodnocení:** Graf znázorňuje závislost lambdy [ $\lambda = h/R$ ] na materiálové skladbě měřených vzorků. Škála jednotlivých měření byla rozdělena do 5 skupin. Které byly sestaveny podle vzájemné příbuznosti měřených materiálů. Měření probíhalo 5x, z čehož byly vyvozeny statistické výsledky. Přesné hodnoty měření jsou uvedeny v kapitole *Přílohy*.

**1. skupina** – i zde je patrné, že nejhůře dopadly statistické výsledky pro samotný výplňový materiál Duotherm č.:1 o plošné hmotnosti 10,62 g/m<sup>2</sup>.

Zde také dopadl nejlépe výsledek pro kombinaci výplně Duotherm spolu s fólií Mylar a s krycím materiálem Tactel, stejně jako v předchozím grafu.

**2. skupina** – opět byl kombinován výplňový materiál Duotherm s nanovláknými vrstvami o 3 různých plošných hmotnostech. Bohužel ani tyto výsledky nejsou přijatelné.

**3. skupina** – zde byla měřena kombinace výplňového materiálu Duotherm s nanovláknými vrstvami různých plošných hmotností v kombinaci s fólií Mylar.

**4. skupina** – zde byl materiál Duotherm kombinován s nanovláknými vrstvami a s povrchovým materiálem Tactel.

**5. skupina** – i v této skupině byly opět kombinovány všechny druhy krycích materiálů, Tactel, fólie Mylar a nanovlákné vrstvy s výplňovým materiálem Duotherm. Statistické výsledky jsou velice podobné. Pro experiment nejsou uspokojivé.

## 8.4 Diskuze výsledků

V přílohové části jsou dále uvedeny grafy, které opět znázorňují závislost lambdy [ $\lambda = h/R$ ] na materiálové skladbě měřených vzorků. Těmi jsou tentokrát výplňové materiály z dutých vláken o 3 různých plošných hmotnostech, které poskytla firma Condor s.r.o.

Síla materiálů je 100g/m<sup>2</sup>, 150 g/m<sup>2</sup>, 180 g/m<sup>2</sup>. Škála jednotlivých měření byla opět rozdělena do 5 skupin a srovnána podle vzájemné příbuznosti měřených materiálů. Měření probíhalo 5x, z čehož byly vyvozeny statistické výsledky.

Jelikož statistické výsledky u tohoto materiálu nejsou uspokojivé ani reprezentovatelné, nebyly uvedeny v hlavní části této Diplomové práce. Jsou přiloženy pouze k nahlédnutí a porovnání s měřením materiálů Duotherm.

Z výsledků lze soudit, že chyba nastala na straně měřícího přístroje, který není prioritně konstruován pro měření objemových materiálů, mezi které rouno dozajista patří. Pravděpodobně došlo k přílišnému stlačení při upínání vzorku v průběhu měřícího procesu.

Tím došlo ke zkráceným výsledkům.

Za předpokladu, že by došlo ke změně měřicího přístroje, mohly by výsledky vyjít uspokojivější nejen pro Duté vlákno, ale i pro Duotherm.

## 9. Technické a výrobní zhodnocení

Technické a výrobní zhodnocení bylo provedeno ve spolupráci s firmou Elmarco s.r.o. Provádí se za účelem posouzení vhodnosti použité technologie a zařízení na výrobu nanovláken pro možné aplikace v oblasti produkce textilních materiálů.

Nejprve je třeba určit některé zásadní vlastnosti a parametry technologie a zařízení. Dalším krokem je zhodnocení a orientační kalkulace ceny vybraných nanovláknenných vrstev vhodných materiálovým složením.

V tomto případě je nutno definovat vhodné nosné textilní materiály, se kterými bude možno nanovláknennou vrstvu kombinovat (laminovat, sešívát či jinak pojit), provozní náklady

Není snadné porovnat ceny u současných textilních materiálů s materiály ke kterým byla připojena nanovláknenná vrstva, jelikož u existujících materiálů není jednoduché od

výrobců zjistit přesné ceny a konkrétní materiálové složení (včetně plošných hmotností, tloušťky, typu a složení použitého materiálů apod.)

Jediným východiskem je tedy varianta „zpětného inženýrství“ tzv. reverse engineering využitím dostupných technických přístrojů a vědeckých postupů, který ovšem není zcela regulérní metodou vývoje nových materiálů.

Technické a technologické porovnání s konkurencí v oblasti výroby nanovláken je velice obtížné, jelikož Technologii Nanospider lze těžko porovnávat s přímou konkurencí.

Firma Elmarco díky vlastnictví mnoha patentovaných technických řešení ve výrobě strojů pro nanovláknenné vrstvy zatím nemá žádnou přímou konkurenci. Ve světě sice existují malí výrobci zařízení zvláknující tryskovou technologií, ale svým principem musí vždy zaostávat díky nižší produktivitě a tím pádem nízké vhodnosti pro průmyslovou výrobu.

Konkurenčními produkty pro nanovláknena tak jsou zejména produkty vznikající technologickými postupy výroby membrán z fólií namáháním v jednom nebo více směrech.



## 9.1 Technické posouzení

Pro případ výroby textilie s nanovláknennou vrstvou budeme uvažovat, že při výrobě nanovláken byla použita technologie Nanospider. Technologii je třeba posuzovat nejen v porovnání s metodou zvlákňování z trysek (kde je řádový rozdíl výrobnosti ve prospěch technologie Nanospider) a s technologiemi výroby z fólií (kde je řádový rozdíl výrobnosti v neprospěch technologie Nanospider), ale také ve vztahu k možné kombinaci s výrobními technologiemi vyrábějícími textilní materiály jako nosný materiál.

Z pohledu technických omezení pro využití technologie Nanospider v této průmyslové oblasti budou hrát pravděpodobně nejvýznamnější roli tyto parametry zařízení a technologie:

- celková produktivita technologie výroby nanovláken
- omezení z pohledu kombinace s ostatními textilními technologiemi (příprava rouna apod.)
- vhodnost pro následné zpracování zejména laminace

## 9.2 Celková výrobnost

Výrobnost neboli množství nanovláken, resp. nanovláknenného materiálu reálně měřeného obvykle hmotností nanosených nanovláken na jednotku, ovlivňuje několik základních parametrů.

Následující přehled má naznačit, co může ovlivnit rozhodování při snaze o optimalizaci výkonu zařízení, čímž je: - použitý materiál

- použitá rozpouštědla
- stabilita zvlákňovacího roztoku
- provozní parametry
- aditiva

### Použitý materiál

Jelikož pro výrobu funkčních nanovláknenných vrstev uvažujeme, že vlastnosti budou dány zejména morfologií a hydrofóbností nebo hydrofilitou nanovláknenné vrstvy, výrobnost bude ovlivněna zejména výběrem daného polymeru. Výkon zvlákňování

je z velké části ovlivněn schopností daného polymeru tvořit nanovláknna při určité koncentraci, tím pádem viskozitě a dalších parametrech.

Použitý materiál je vhodné volit nejen z pohledu nákupní ceny, ale zejména z pohledu celkových nákladů na provoz – některé materiály vyžadují speciální postupy přípravy polymerního roztoku (zahřívání apod.), popř. komplikovaná opatření při práci s danými rozpouštědly.

Možnost použití různých materiálů by tak neměla být limitem pro použití technologie Nanospider je pro výrobu těchto vrstev velikou výhodou, jelikož jedno zařízení umožňuje produkovat nanovláknna z téměř jakýchkoli polymerů rozpustných ve vhodných rozpouštědlech.

### **Použitá rozpouštědla**

Pro přípravu polymerního roztoku je vždy nutno použít jedno nebo více rozpouštědel. Jejich vhodnost je dána tím, zda jsou schopna a jak dobře a rychle rozpouštět použitý materiál, jaké mají vlastnosti, zda a jak je možno je likvidovat (jelikož při procesu odcházejí do odpadního vzduchu, který je nutno obvykle likvidovat spalováním, vodní vypírkou, popř. jinými sorpčními procesy) a v případě hotových membrán především jejich přijatelností pro textilní průmysl, tj. zdravotní akceptovatelnost při kontaktu s lidskou pokožkou (připravené nanovláknenné vrstvy totiž většinou obsahují určitý podíl zbytkových rozpouštědel, která lze obtížně odstranit).

Testy zdravotní nezávadnosti prováděné ve firmě Elmarco prokázali zdravotní nezávadnost pro takové použití. Z pohledu rozpouštědel by tedy pro technologii Nanospider neměla existovat zásadní omezení.

### **Stabilita zvláknovacího roztoku**

Stabilita připraveného polymerního roztoku v čase ovlivňuje výrobnost v souvislosti s množstvím nutných technologických přestávek, resp. délky celkového možného nepřetržitého provozu. Je-li zvláknovací roztok vybraného polymeru stabilní pouze v řádu několika hodin, mohou technologická přerušení znamenat významné omezení denní výrobnosti. Vliv na možné použití technologie Nanospider je obtížné odhadovat a bude striktně záviset pouze na výběru polymeru.

## **Provozní parametry**

Některé parametry výrobního procesu nesouvisející s materiálem, a to zejména parametry okolního prostředí (zásadní vliv má zejména vlhkost) mohou do značné míry negativně snižovat výrobnost. Proto je třeba vždy počítat s nutností přesného řízení těchto podmínek a technologii Nanospider nabízet a prodávat včetně těchto zařízení (obvykle se jedná o klimatizační jednotky nebo odvlhčovače) nebo při prodeji zařízení od zákazníků dostupnost těchto zařízení pro výrobu vyžadovat.

Lze očekávat, že nutnost úpravy procesních parametrů ale nebude mít zásadní vliv na možnost použití technologie Nanospider.

## **Aditiva**

Použité přísady (v případě využití nanovlákných vrstev do spacích pytlů je možno uvažovat např. nutnost přidávat látky s antimikrobiální, antimykotickou nebo naopak sorpční funkcí, které by těmto vrstvám dodávaly specifickou vlastnost) mohou ovlivnit výrobnost zařízení tím, že mění vlastnosti polymerního roztoku, a to obvykle nepříznivě.

Na možnost použití technologie Nanospider lze očekávat spíše negativní vliv.

## **Velikost zařízení**

Celková velikost zařízení (zejména možnost volby mezi pilotní a průmyslovou linkou a správné volby počtu tzv. výrobních jednotek, které jsou vždy brány jako podjednotka výrobní linky) je rozhodujícím faktorem ovlivňujícím celkový výkon zařízení.

Zvažovat je třeba také celkové rozměry a vazbu na nutné periferní technologie, jako jsou zařízení na přípravu polymeru, zařízení pro automatické mytí dílů zařízení, zařízení pro úpravu procesního vzduchu a podobně, jelikož při určitém stupni požadované celkové výrobnosti je obvykle třeba navýšit i počet periferních zařízení. Možnost použití technologie Nanospider by pouze její velikost neměla ovlivnit.

### **9.3 Omezení z pohledu kombinace s ostatními textilními technologiemi**

Jelikož nanovlákněná vrstva (membrána) bude pravděpodobně vždy kombinována s běžnými textilními materiály různých typů, je nutné i posouzení možnosti jejich zařazení do výrobních technologií - v tomto případě pravděpodobně výroby tkaniny a netkané textilie – a vhodnost pro kombinaci s ostatními technologiemi ať již on-line tak off-line.

Uvažujeme-li on-line proces, tedy zakomponování výrobní linky Nanospider přímo do výrobní linky zákazníka, je nejdůležitější a tím pádem určující celková lineární rychlost linky, což znamená, jakou rychlostí se může pohybovat materiál vyráběný v rolích. Celkové maximální rychlosti zařízení technologie Nanospider jsou v porovnání s výrobou tkanin podobné, v porovnání s výrobou netkaných textilií (obvyklé rychlosti jsou až stovky m/min) velmi nízké. Proto by on-line kombinace byla možná pouze s tkaninami, u netkaných textilií by muselo vždy být použito off-line procesů.

Off-line proces by byl zřejmě jedinou možnou alternativou, jelikož finální produkt by byl kompozitem skládajícím se z nosné vrstvy, nanovlákněné vrstvy a ochranné vrstvy. Při použití jak on-line tak off-line procesu je třeba se zabývat také používanými šířkami podkladového materiálu.

Používané šíře zařízení technologie Nanospider jsou v porovnání s textilním průmyslem (obvyklé šíře jsou až do 6 m) poměrně nízké a umožňují povrstvení pouze 1,6 m širokého materiálu. To znamená, že v off-line procesu by bylo možno technologii Nanospider použít až před finalizací produktu, kdy se materiál zpracovává do užších rolí – zde je možno využít toho, že technologie Nanospider umožňuje pracovat v různých nastavitelných šířkách. Celkově lze tedy očekávat spíše mírně negativní vliv na možnost použití technologie Nanospider.

### **9.4 Vhodnost pro následné operace**

Posoudit vhodnost pro další zpracování znamená zjistit či definovat, jakým způsobem mohou být vlastnosti nanovlákněné vrstvy na nosném podkladovém materiálu (obvykle tkanina nebo netkaná textilie), ovlivněny v následujícím zpracování nebo jak by mohla být sama nanovlákněná vrstva poškozena. Jelikož výsledný kompozit by měl vždy obsahovat krycí vrstvu nanosenou v procesu laminace či sešití

na nanovláknennou vrstvu, nemělo by v následných procesech zpracování plošného materiálu docházet k poškození či změně vlastností nanovláknenné vrstvy (např. převíjení, řezání, lepení apod.).

Vhodnost pro další zpracování bude mít zásadní vliv na možnost použití technologie Nanospider. Adheze mezi nanovláknennou vrstvou a např. hustě dostavenými tkaninami je velice slabá, tj. s velkou pravděpodobností se bude jednat o vliv negativní.

## 10. Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení si v tomto případě neklade za cíl kalkulaci ceny celého hotového výrobku, jelikož by se takový výrobek prováděl pouze přidáním nanovláknenné vrstvy do stávajících produktů.. Kalkulace se tak zabývá pouze určením ceny nanovláknenné vrstvy.

Pro výpočet nákladů na přípravu 1 m<sup>2</sup> nanovláknenné vrstvy je třeba znát následující parametry:

- polymer pro výrobu nanovláknenné vrstvy, používané koncentrace v polymerním roztoku a jeho cenu
- rozpouštědla pro rozpuštění vybraného polymeru, a jejich cenu
- cenu výrobní linky a jejich periférií
- odpisy výrobní linky a jejich periférií
- náklady na energie / média
- personální náklady
- režijní náklady

### 10.1 Polymer pro výrobu nanovláknenné vrstvy

Vhodnými materiály pro přípravu nanovláknenných vrstev pro aplikace ve spacích pytlích může být celá řada polymerů. Za vhodné lze považovat např. polymery s vysokou chemickou odolností, tak aby nanovláknenná vrstva finálního produktu odpovídala nárokům při jejím používání (tj. nebyla degradována potem nebo chemickými látkami používanými v pracích prostředcích).

Nejjednodušší volbou je ovšem zvolit polymery, které využívají jako rozpouštědlo vodu, což je výhodné proto, že ve vodě rozpustné polymery mají často vyšší výrobnost než polymery rozpustné např. v kyselinách či jiných organických rozpouštědlech.

Na druhé straně, vyrobená nanovláknenná vrstva je za normálního stavu narušována i vzdušnou vlhkostí, což vyžaduje použití tzv. síťovadel, tj. aditiv, která umožní vytvořit nanovláknena ve vodě nerozpustná.

Pro následující výpočet byl vybrán polyvinylalkohol.

PVA (PVOH, PVAI) – polyvinylalkohol – je vodorozpustný syntetický polymer, který je netoxický, biologicky odbouratelný a má výborné vlastnosti pro výrobu fólií včetně vlastností adhesivních.

Příprava polymerního roztoku z PVA je poměrně jednoduchá, zároveň je v porovnání s jinými polymery vhodnými pro elektrostatické zvláknění mnohem produktivnější (za jednotku času lze vyrobit mnohem více materiálu) a nespornou výhodou je i jeho nízká cena, snadná dostupnost. PVA pro jeho další použití je ovšem nezbytné aditivovat síťovadly (k docílení jeho nerozpustnosti ve vodě) a tato síťovadla je po zvláknění materiálu nutno aktivovat.

Pro další kalkulaci není síťování materiálu zahrnuto a obvykle může tato následná úprava tvořit 10-15% z výsledné ceny.

Pořizovací cena 1 kg polyvinylalkoholu v závislosti na kvalitě se pohybuje od cca 200 do 400 Kč. U polyvinylalkoholu je možno docílit průměru nanovláken cca 150-200 nm.

## **10.2 Kalkulace nákladové ceny nanovláknenné vrstvy**

Pro uvedené koncové produkty byly připraveny nanovláknenné vrstvy v následujících gramážích:

0,4 g/m<sup>2</sup>

1,0 g/m<sup>2</sup>

2,0 g/m<sup>2</sup>

Jako výchozí výrobní zařízení pro kalkulaci bylo zvolena výrobní linka se 2 zvláknovacími jednotkami v celkové šíři 1,6 m, která pro instalaci včetně periferií vyžaduje cca 500 m<sup>2</sup> podlahové plochy. Běžná doba odepisování linky je 5 let (minimální životnost linky). Provozování linky je předpokládáno v nepřetržitém provozu, denní doba využití linky činí 20,9 hodin.

Shrnutí vstupních údajů:

Vstup	Cena v Kč/jednotku	Jednotka
polyvinylalkohol	300	kg
rozpouštědlo-voda	5	l
elektrická energie	5	kWh
tlakový vzduch	50	1000 l
personální náklady	350	hodina
správa a údržba	50	m <sup>2</sup> podlahové plochy

Tab.4

Na základě výše uvedených vstupních údajů a pořizovací ceny linky a odpovídajících periférií Elmarco s.r.o. provedlo kalkulaci materiálu – nanovlákně vrstvy PVA.

Druh nákladu	Kč	Podíl na celkových nákladech
personální náklady	7488	15%
materiál	16875	33%
energie	2249	4%
likvidace odpadu	346	1%
odpisy	23671	46%
správa a údržba	882	2%
<b>celkové denní náklady</b>	<b>51512</b>	<b>100%</b>

PVA (1m šíře NS (3cylindr ELE), ATEX modrý spunbond)					
Plošná hmot. nanovl. vrstvy [g/m <sup>2</sup> ]	Lineární rychlost [m/min]	Propustnost [g/m * min]	Denní sazba za 1m šíře [€/den (22hodin)]	Objem nanvlákně vrstvy [m <sup>2</sup> /den (22 hodin)]	Cena nanovlákně vrstvy [€/m <sup>2</sup> ]
0,4	1,773	0,71	39	2340	0,0168
1	0,7092	0,71	39	936	0,0419
2	0,3546	0,71	39	468	0,0838

PVA (1m šíře EMW (4 cylindr ELE - konverze do 3 ELE), ATEX modrý spunbond)					
Plošná hmot. nanovl. vrstvy [g/m <sup>2</sup> ]	Lineární rychlost [m/min]	Propustnost [g/m * min]	Dení sazba za 1m šíře [€/den (22hodin)]	Objem nanvlákně vrstvy [m <sup>2</sup> /den (22 hodin)]	Cena nanovlákně vrstvy [€/m <sup>2</sup> ]
0,4	1,15	0,46	25	1518	0,0168
1	0,46	0,46	25	607	0,0419
2	0,23	0,46	25	304	0,0838

Tab.5

PAN (1m šíře EMW linka (3 ELE), ATEX modrý spunbond)					
Plošná hmot. nanovl. vrstvy [g/m <sup>2</sup> ]	Lineární rychlost [m/min]	Propustnost [g/m * min]	Dení sazba za 1m šíře [€/den (22hodin)]	Objem nanvláknenné vrstvy [m <sup>2</sup> /den (22 hodin)]	Cena nanovláknenné vrstvy [€/m <sup>2</sup> ]
0,4	1	0,4	69	1320	0,052
1	0,4	0,4	69	528	0,1299
2	0,2	0,4	69	264	0,2599

Tab.6

PSU (1m šíře EMW linka (3 ELE), ATEX modrý spunbond)					
Plošná hmot. nanovl. vrstvy [g/m <sup>2</sup> ]	Lineární rychlost [m/min]	Propustnost [g/m * min]	Dení sazba za 1m šíře [€/den (22hodin)]	Objem nanvláknenné vrstvy [m <sup>2</sup> /den (22 hodin)]	Cena nanovláknenné vrstvy [€/m <sup>2</sup> ]
0,4	0,75	0,3	95	990	0,0955
1	0,3	0,3	95	396	0,2387
2	0,15	0,3	95	198	0,4775

Tab.7

**Výsledná nákladová cena samotné nanovláknenné vrstvy PVA (včetně odpisů linky) byla vypočítána na:**

pro vrstvu 0,4 g/m<sup>2</sup> .....9 Kč/m<sup>2</sup>  
pro vrstvu 1,0 g/m<sup>2</sup> .....22,50 Kč/m<sup>2</sup>  
pro vrstvu 2,0 g/m<sup>2</sup> .....45 Kč/m<sup>2</sup>

#### **Výplňový materiál**

##### **Duotherm:**

Vzorek č. 1 - síla materiálu 180 g/m<sup>2</sup> .....45 Kč/m<sup>2</sup>  
Vzorek č. 2 - síla materiálu 120 g/m<sup>2</sup> .....30 Kč/m<sup>2</sup>  
Vzorek č. 3 - síla materiálu 140 g/m<sup>2</sup> .....35 Kč/m<sup>2</sup>

##### **Dutá vlákna:**

Síla materiálu 100 g/m<sup>2</sup> .....15 Kč/m<sup>2</sup>  
Síla materiálu 150 g/m<sup>2</sup> .....22 Kč/m<sup>2</sup>  
Síla materiálu 200g/m<sup>2</sup> .....30 Kč/m<sup>2</sup>

**Thinsulate:** (tento materiál nebyl firmou Condor s.r.o dodán k proměření)

Síla materiálu 100 g/m<sup>2</sup> .....30 Kč/m<sup>2</sup>  
Síla materiálu 150 g/m<sup>2</sup> .....45 Kč/m<sup>2</sup>  
Síla materiálu 200 g/m<sup>2</sup> .....60 Kč/m<sup>2</sup>



**Polyesterová separační fólie Mylar:**

Šíře návinu na roli .....1450 m

tloušťka materiálu.....0,15 mm

cena.....198 Kč /bm

**Vrchový materiál****Tactel:**

160,-Kč/m<sup>2</sup>

(Pozn.: Ceny jsou uvedeny bez DPH.)

## 11. Závěr

Cílem této diplomové práce byl popis inovace tepelně izolační textilie, která se používá jako výplňový materiál do spacích pytlů, pomocí nanovláknenné vrstvy.

Díky provedeným experimentálním testům a měření, které jsou zaznamenány v kapitole Experiment je patrné, že tímto směrem cesta není přímočará i přes to, že po provedení patentové rešerše a následné segmentaci trhu byly do inovované vrstvy vkládány veliké naděje.

Lze jen předpokládat, že by mohlo dojít k výraznějším změnám a zlepšení statistických výsledků ,pokud by byl zvolen jiný měřicí aparát nebo jiný polymerní roztok pro výrobu nanovláknenné vrstvy.

Cena konečného produktu, tedy inovované tepelně izolační textilie s nanovláknennou vrstvou vyšla velice příznivě, jelikož se jedná o zvýšení ceny v maximální hodnotě 45 Kč/m<sup>2</sup> pro polymer PVA. Tudíž cena není v tomto směru vývoje žádnou překážkou.

Technicko – ekonomické zhodnocení bylo vypracováno ve spolupráci s firmou Elmarco s.r.o, dále byly posouzeny technické parametry, celková výrobnost a případná omezení z pohledu kombinace s ostatními textilními technologiemi. V neposlední řadě i vhodnost pro následné operace.

Díky získanému částečnému přehledu o funkčních vlastnostech materiálů používaných na výrobu spacích pytlů, výši základních cen za metráž poskytnutých firmou Condor. s.r.o, proměřením tepelně izolačních vlastností nejen samotných výplňových materiálů - roun, ale i jejich kombinací s různými druhy krycích materiálů a nanovláknenných vrstev lze usuzovat, že vývoj použití nanovláken v této oblasti není nemožný. Už jen porovnání potencionálních cen za tento materiál, posouvá vývoj nanovláknenných vrstev vpřed.

S podmínkou, že bude dosaženo požadovaných vlastností funkčního vybavení pro outdoorové aktivity, neměl by takto inovovaný materiál být předražen, což způsobí snadnou dostupnost pro širší okolí a potencionální zákazníky.

Závěrečným doporučením je prozkoumání tepelně izolačních vlastností nanovláknenných vrstev v dalších způsobech šíření tepla, tedy za působení záření – radiace tepla a vedení – kondukce tepla.

## Použitá literatura:

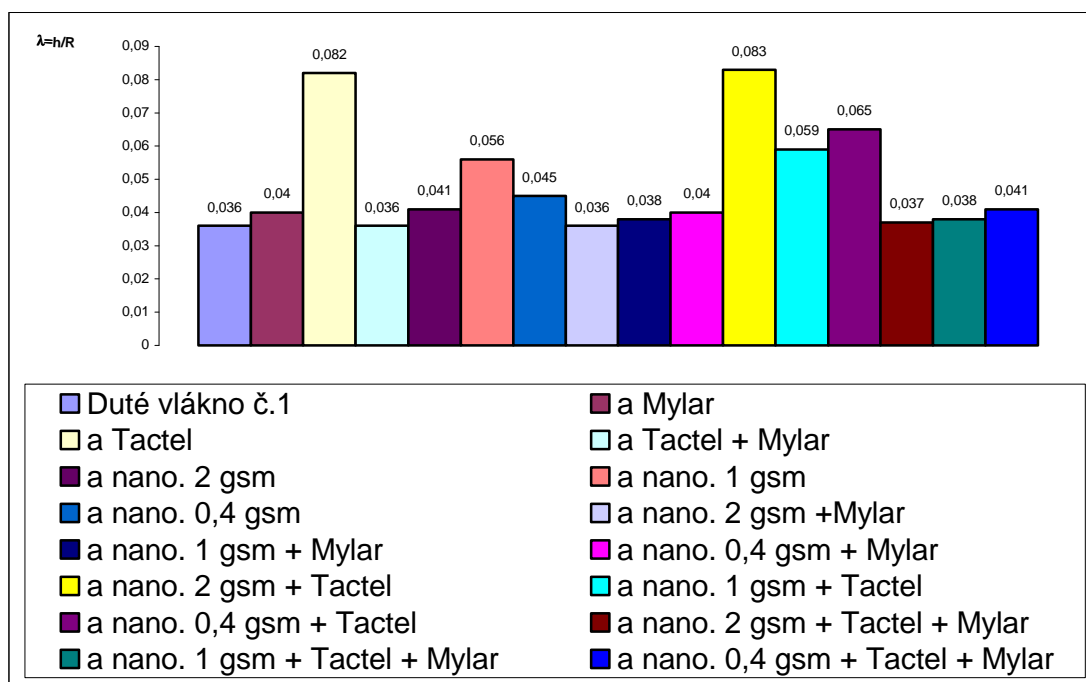
- [1] Hes, L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií, skriptum, TUL, 2005
- [2] [http://www.lywh.com/chinese/fibre/fiber\\_products/coolmax/coolmax.html](http://www.lywh.com/chinese/fibre/fiber_products/coolmax/coolmax.html)
- [3] [http://www.kod.tul.cz/info\\_predmety/Om/prednasky/om\\_6\\_web.pdf](http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Om/prednasky/om_6_web.pdf)
- [4] Jirsák, O., Lukáš, D. a kol.: Výroba a vlastnosti nanovláken. Dostupné z: [www.ft.tul.cz/depart/knt/nove/dokumenty/studmaterialy/ntt/nanoact.ppt](http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nove/dokumenty/studmaterialy/ntt/nanoact.ppt)
- [5] [<http://www.campingaz-coleman.cz/teplotni-norma-en-13537.htm>]
- [6] Světlík, J.: Marketing cesta k trhu. 2 vyd. Zlín:EKKA, 1994
- [7] doc. RNDr. Jiří Vaníček, CSc, Metody termické analýzy Dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy>
- [8] <http://www.ft.vslib.cz/deprt/ktm/?q=cs/materiály>
- [9] *Wikipedia* [online]. 2010, 2010-11-15 [cit. 2010-11-15]. Teplo. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Teplo>>
- [10] Materiály společnosti Elmarco s.r.o., Elmarco 2009
- [11] INDA, Worldwide Outlook Nonwovens Industry 2007 – 2012, 2006.  
Dostupné z: [http://www.inda.org/pubs/marketing/WW\\_Report\\_Foreword.html](http://www.inda.org/pubs/marketing/WW_Report_Foreword.html)
- [12] <http://www.spacaky.cz/>
- [13] Růžičková, D.: Oděvní materiály, skriptum, TUL, 2003
- [14] Staněk, J., Kubíčková, M.: Oděvní materiály, skriptum, VŠST Liberec, 1986
- [15] Militký, J., Vaníček, P.: Vlastnosti vláken, literatura k přednáškám, TUL, 2002
- [16] Selinger, V., Vinařický R.: Fyziologie člověka I, 1978
- [17] Interní norma č. 23-304-02/01, Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta, Výzkumné centrum Textil, 2004
- [18] Hes, L., Doležal, I.: A new portable computer-controlled skin model for fast determination of water vapour and thermal resistance of fabric, Asian textile conference (ATC 7), New Delhi, 2003
- [19] Skin Model. In: Europ. Conf. On Protective Clothing, Gdynia (Poland), 2006

## **Seznam příloh:**

1. Graf č.4 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“ o plošné hmotnosti  $100\text{g/m}^2$
2. Graf č.5 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“ o plošné hmotnosti  $150\text{g/m}^2$
3. Graf č.6 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“ o plošné hmotnosti  $200\text{g/m}^2$
4. Dopis adresovaný potenciálním zákazníkům a partnerům.

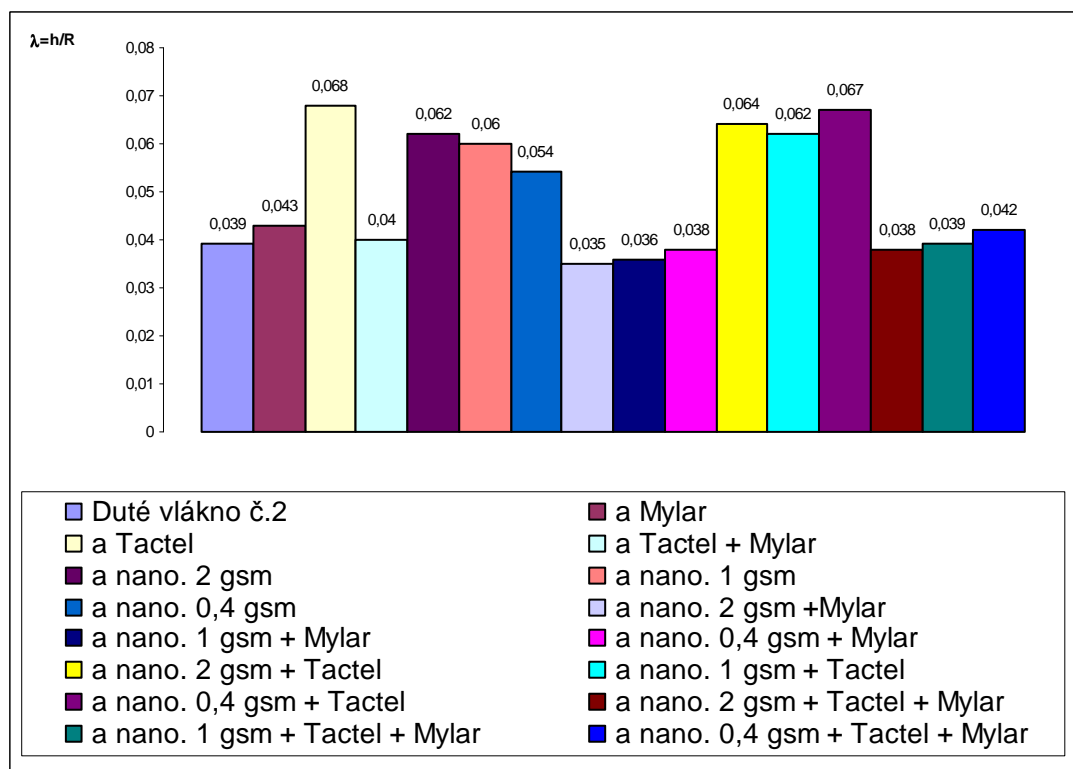
## Přílohová část:

**Příloha 1.** Graf č.4 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“  
o plošné hmotnosti 100g/m<sup>2</sup>



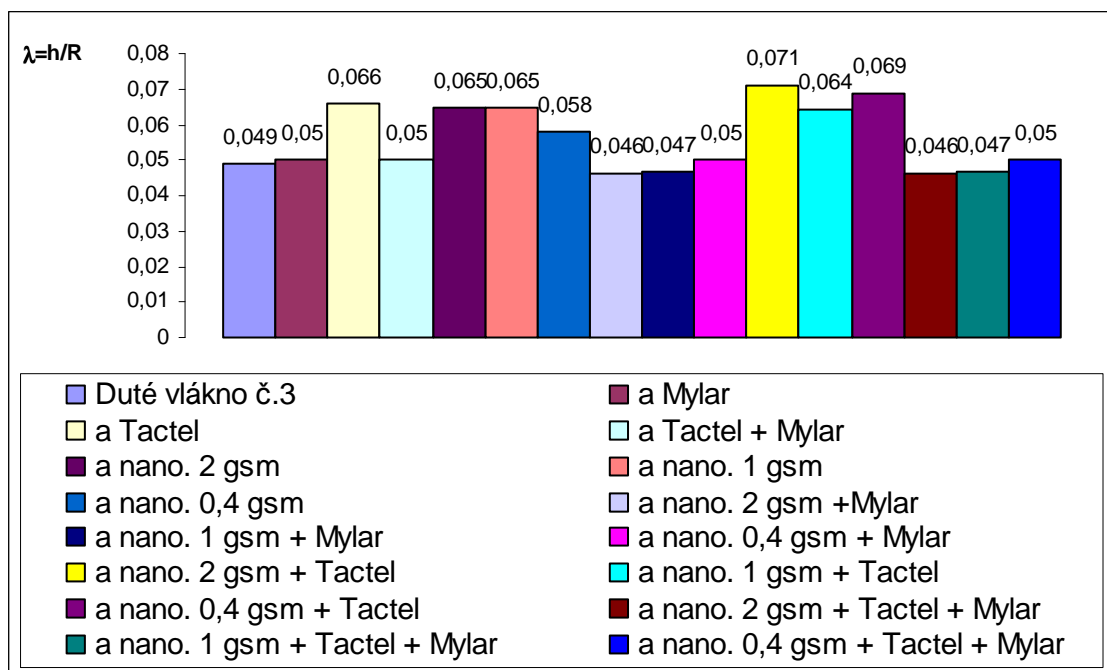
Graf č.4

**Příloha 2.** Graf č.5 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“  
o plošné hmotnosti 150g/m<sup>2</sup>



Graf č.5

**Příloha 3.** Graf č.6 se statistickými výsledky měření pro materiál „Duté vlákno“  
o plošné hmotnosti 200g/m<sup>2</sup>



Graf č.6

#### **Příloha 4. Dopis adresovaný potenciálním zákazníkům a partnerům.**

Dobrý den,

Jsem studentkou posledního ročníku magisterského studia na Technické Univerzitě v Liberci, na Fakultě textilní.

V tomto období píše diplomovou práci na téma Tepelně izolačních textilií.

(cíleno na výplňový materiál do spacích pytlů)

Chtěla bych Vás touto cestou oslovit, zda by Vás, jako firmu obchodující s outdoorovým vybavením, zajímala aplikace nanovláken do Vámi používaných materiálů.

Pokud máte zájem o statistické výsledky laboratorních měření tepelného odporu Vámi používaných materiálů v kombinaci s nanovláknennou vrstvou, ráda bych Vás požádala o zaslání vzorků na kterých bude proveden experiment.

Dále žádám o zaslání cenové kalkulace za materiál, aby mohlo být vypracováno i technicko – ekonomické zhodnocení a výrobní posouzení inovovaného materiálu v kombinaci s ostatními textilními materiály.

Jestli Vás tato aplikace nezaujala, napište, prosím, jaké vidíte pro mou inovaci nevýhody, zda je to vyšší cena, která je vždy spjata se zavedením nového výrobku, nebo zda se Vám zdá tato aplikace zbytečná.

Děkuji za Váš čas a odpověď.

S pozdravem

Bc. Petra Mackeová